

ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

научный и общественно-политический журнал

том 85 № 4 2015 Апрель

Основан в 1931 г.
Выходит 12 раз в год
ISSN: 0869-5873

*Журнал издаётся под руководством
Президиума РАН*

Главный редактор
В.Е. Фортов

Редакционная коллегия

Ж.И. Алфёров, А.Ф. Андреев, В.Н. Большаков, А.А. Боярчук,
В.И. Васильев, Г.С. Голицын, А.И. Григорьев,
И.И. Дедов, А.П. Деревянко, Ю.М. Каган, А.И. Коновалов,
В.В. Костюк (заместитель главного редактора),
Н.П. Лавёров, Г.А. Месяц, Ю.В. Наточин,
А.Д. Некипелов, О.М. Нефёдов, В.И. Осипов, Р.В. Петров,
В.В. Пирожков (ответственный секретарь), Г.А. Романенко,
Д.В. Рундквист, Ф.Г. Рутберг, А.С. Спирин, В.С. Стёпин,
Л.Д. Фаддеев, Т.Я. Хабриева, Е.П. Челышев, А.О. Чубарьян,
В.Л. Янин

Заместитель главного редактора
Г.А. Заикина

Заведующая редакцией
В.В. Володарская

Адрес редакции: 119049 Москва, Крымский вал, Мароновский пер., 26
Тел.: 8(499) 238-21-44, 8(499) 238-21-23; тел.: 8(499) 238-25-10
E-mail: vestnik@naukaran.ru

Подписка на “Вестник РАН” по Москве
через Интернет WWW.GAZETY.ru

Москва
Издательство “Наука”

СОДЕРЖАНИЕ

Том 85, номер 4, 2015

Наука и общество

А.И. Григорьев, Ю.Ю. Осипов, Г.И. Самарин

Медицинское обеспечение внекорабельной деятельности космонавтов 291

С кафедры Президиума РАН

*А.А. Потапов, А.Н. Коновалов, В.Н. Корниенко, А.Д. Кравчук, Л.Б. Лихтерман, И.Н. Пронин,
Н.Е. Захарова, Е.В. Александрова, А.Г. Гаврилов, С.А. Горайнов, Г.В. Данилов*

Современные технологии и фундаментальные исследования в нейрохирургии 299

Развитие медицины и развитие большой науки – общие достижения, общие проблемы.

Обсуждение научного сообщения 306

Организация исследовательской деятельности

А.С. Холодов

Об индексах цитирования научных работ 310

Из рабочей тетради исследователя

А.Л. Андреев

Интеллектуальные среды: концептуальная перспектива глазами социолога 321

Обозрение

И.А. Кузнецов

Технология и риски генной инженерии в растениеводстве 329

Дискуссионная трибуна

И.С. Дмитриев

“Он химик, он ботаник, механик и матрос”. О статье О.В. Михайлова
«“Чемоданных дел мастер”, или Ещё раз о Дмитрие Ивановиче Менделееве»

338

Точка зрения

Г.Г. Малинецкий

Техногенные ресурсы в контексте новой индустриализации России 344

А.В. Волков, А.А. Сидоров

О развитии минерально-сырьевого комплекса России 351

Этюды об учёных

Э.В. Сайко, Н.М. Трухан

На острие научной мысли. К 100-летию со дня рождения академика Б.В. Раушенбаха 359

Былое

Р.Н. Щербаков

“Счастливейшая мысль в моей жизни...”. К 100-летию общей теории
относительности Эйнштейна

366

Научная жизнь

Р.М. Алексахин, С.А. Гераськин, А.А. Удалова

Новейшие результаты исследований в области радиоэкологии 373

Официальный отдел

Президиум РАН решил. – Награды и премии

377

CONTENTS

Vol. 85, No. 4, 2015

Simultaneous English language translation of the journal is available from Pleiades Publishing, Ltd.
Distributed worldwide by Springer. *Herald of the Russian Academy of Sciences* ISSN 1019-3316

Science and Society

A.I. Grigoriev, Yu.Yu. Osipov, G.I. Samarin

Medical Maintenance of Extravehicular Astronauts Activity 291

On the Rostrum of the RAS Presidium

*A.A. Potapov, A.N. Konovalov, V.N. Kornienko, A.D. Kravchuk, L.B. Lichterman, I.N. Pronin,
N.E. Zakharova, E.V. Alexandrova, A.G. Gavrilov, S.A. Goryainov, G.V. Danilov*

Modern Technology and Fundamental Research in Neurosurgery 299

Development of Medicine and of Big Science – Common Achievements, Common Problems.

Paper Discussion 306

Organization of Research

A.S. Kholodov

About the Citation Index of Scientific Publications 310

From the Researcher's Notebook

A.L. Andreev

Intellectual Environments: a Conceptual Perspective from the Sociologist's Point of View 321

Review

I.A. Kuznetsov

Technology and Risks of Genetic Engineering in Plant Breeding 329

Discussion Forum

I.S. Dmitriev

“He’s a Chemist, a Botanist, a Mechanic, and a Sailor”. *About “The Suitcase Maker”*

by O.V. Mikhailov, or once more about Dmitry Ivanovich Mendeleev 338

Point of View

G.G. Malinetskii

Man-Made Resources in the Context of the New Russian Industrialization 344

A.V. Volkov, A.A. Sidorov

On the Development of Mineral Resource Complex of Russia 351

Profiles

E.V. Sayko, N.M. Trukhan

At the Forefront of Scientific Thought. *To the 100th Anniversary of the Birth
of Academician B.V. Raushenbach*

359

Bygone Times

R.N. Shcherbakov

“The Happiest Thought of my Life...”. *To the 100th Anniversary
of Einstein's General Theory of Relativity*

366

Science News

R.M. Alexakhin, S.A. Geras'kin, A.A. Udalova

The Latest Research Results in the Field of Radiology 373

Official Section

Decisions of the RAS Presidium. Awards and Prizes

377

DOI: 10.7868/S0869587315040040

18 марта 2015 года исполнилось 50 лет со дня первого в мире выхода человека в открытый космос. Этим человеком стал советский космонавт Алексей Архипович Леонов, участвовавший в полёте космического корабля “Восход-2”. В июне того же года в открытый космос вышел американский астронавт Эдвард Уайт, пилот корабля “Джемини-4”. В последующие годы, по мере технического совершенствования систем индивидуального снаряжения (скафандров) космонавтов для выполнения внекорабельной деятельности и повышения их надёжности работа человека в открытом космосе постепенно превращалась из кратковременных эпизодов в планомерную, многочасовую деятельность. Настоящая статья посвящена истории этого вопроса.

МЕДИЦИНСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОСМОНАВТОВ

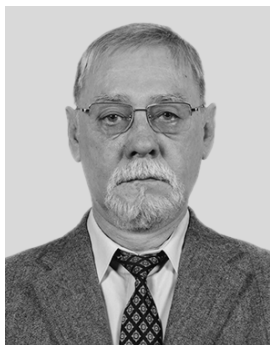
А.И. Григорьев, Ю.Ю. Осипов, Г.И. Самарин

Выход А.А. Леонова в открытый космос по праву можно считать следующим после полёта Ю.А. Гагарина выдающимся событием в истории пилотируемой космонавтики. Полёт “Восхода-2” вошёл в историю дважды. В соответствии с первой, официальной и открытой версией всё прошло блестяще. Вторая версия обнародовалась постепенно и в полном виде была опубликована много позже, и тогда стало известно, что в ходе эксперимента произошло по крайней мере семь сложнейших нештатных ситуаций. О них, конечно, не упоминалось в сообщениях ТАСС, что естественно для времени жёсткой цензуры. Впоследствии в воспоминаниях А.А. Леонова, специалистов в области ракетно-космической техники и врачей, сопровождавших этот полёт, было рассказано о проблемах, которые тогда возникли. Достаточно подробно они описаны в книге лётчика-космонавта Ю.М. Батурина [1]. Приведём выдержку из этой книги.

«А.А. Леонов находился в условиях космического пространства 23 мин. 41 сек., а вне шлюза в открытом космосе — 12 мин. 09 сек. В это время он удалялся от корабля на расстояние до 5.35 м. Во время выхода его скафандр был связан с бортом корабля специальным электрическим кабелем, так как не был полностью автономным.

На самом деле в полёте был ряд серьёзных нештатных ситуаций, неоднократно угрожавших жизни космонавтов. Вот как об этом рассказал Алексей Архипович: “Серьёзных нештатных ситуаций в моём полёте на “Восходе-2” было семь, из них три или четыре были смертельными...

Когда создавали корабль для выхода в открытый космос, то приходилось решать множество проблем, одна из которых была связана с размером люка. Чтобы крышка открывалась внутрь полностью, пришлось бы урезать ложемент. Тогда бы я в него не поместился в плечах. И я дал согласие на уменьшение диаметра люка. Таким образом, между скафандром и обрезом люка оставался зазор по 20 мм с каждого плеча.



ГРИГОРЬЕВ Анатолий Иванович — академик, вице-президент РАН, научный руководитель ГНЦ РФ “Институт медико-биологических проблем РАН”. ОСИПОВ Юрий Юрьевич — кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией ГНЦ РФ ИМБП РАН. САМАРИН Георгий Иванович — кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией ГНЦ РФ ИМБП РАН.

samarin@imbp.ru; osipov@imbp.ru;
grigoriev@pran.ru



На Земле мы проводили испытания в барокамере при вакууме, соответствующем высоте 60 км... В реальности, когда я вышел в открытый космос, получилось немного по-другому. Давление в скафандре — около 600 мм, а снаружи — 10^{-9} ; такие условия на Земле смоделировать было невозможно. В космическом вакууме скафандр раздулся, не выдержали ни рёбра жёсткости, ни плотная ткань. Я, конечно, предполагал, что это случится, но не думал, что настолько сильно. Я затянул все ремни, но скафандр так раздулся, что руки вышли из перчаток, когда я брался за поручни, а ноги — из сапог. В таком состоянии я, разумеется, не мог втиснуться в люк шлюза. Возникла критическая ситуация, а советоваться с Землёй было некогда. Пока бы я им доложил... пока бы они совещались... И кто бы взял на себя ответственность? Только Паша Беляев это видел, но ничем не мог помочь. И тут я, нарушая все инструкции и не сообщая на Землю, перехожу на давление 0.27 атмосфер. Это второй режим работы скафандра. Если бы к этому времени у меня не произошло вымывание азота из крови, то закипел бы азот — и всё... гибель. Я прикинул, что уже час нахожусь под чистым кислородом и кипения быть не должно. После того как я перешёл на второй режим, всё “село” на свои места. На нервах сунул в шлюз кинокамеру и сам, нарушая инструкцию, пошёл в шлюз не ногами, а головой вперёд. Взявшись за леера, я протиснул себя вперёд. Потом я закрыл внешний люк и начал разворачиваться, так как входить в корабль всё равно нужно ногами. Иначе я бы не смог, ведь крышка, открывающаяся внутрь, съедала 30% объёма кабины. Поэтому мне пришлось разворачиваться (внутренний диаметр шлюза — 1 метр, ширина скафандра в плечах — 68 см). Вот здесь была самая большая нагрузка, у меня пульс дошёл до 190. Мне всё же удалось перевернуться и войти в корабль ногами, как положено, но у меня был такой тепловой удар, что я, нарушая инструкции и не проверив герметичность, открыл шлем, не закрыв за собой люк. Вытираю перчаткой глаза, а вытереть не удаётся, как будто на голову

кто-то льёт. Тогда у меня было всего 60 литров кислорода на дыхание и вентиляцию, а сейчас у “Орлана” — 360 литров... Я первый в истории вышел и отошёл сразу на 5 метров. Больше этого никто не делал. А ведь с этим фалом надо было работать, собирать на крючки, чтобы не болтался. Была громадная физическая нагрузка. Единственное, что я не сделал на выходе, — не смог сфотографировать корабль со стороны. У меня была миниатюрная камера “Аякс”, способная снимать через пуговицу. Её нам дали с личного разрешения председателя КГБ. Управлялась эта камера дистанционно тросиком; из-за деформации скафандра я не смог до него дотянуться. А вот киносъёмку я сделал (3 минуты камерой С-97), и за мной с корабля постоянно следили две телевизионные камеры, но у них была невысокая разрешающая способность. По этим материалам потом сделали очень интересный фильм.

Но самое страшное было, когда я вернулся в корабль, — начало расти парциальное давление кислорода (в кабине), которое дошло до 460 мм и продолжало расти. Это при норме 160 мм! Но ведь 460 мм — это гремучий газ, ведь Бондаренко сгорел на этом... Вначале мы в оцепенении сидели. Всё понимали, но сделать почти ничего не могли: до конца убрали влажность, убрали температуру (стало $10-12^{\circ}$). А давление растёт... Малейшая искра — и всё превратилось бы в молекулярное состояние, и мы это понимали. Семь часов в таком состоянии, а потом заснули... видимо, от стресса. Потом мы разобрались, что я шлангом от скафандра задел за тумблер наддува... Что произошло фактически? Поскольку корабль был долгое время стабилизирован относительно Солнца, то, естественно, возникла деформация; ведь, с одной стороны, охлаждение до -140°C , с другой — нагрев до $+150^{\circ}\text{C}$... Датчики закрытия люка сработали, но осталась щель. Система регенерации начала нагнетать давление, и кислород стал расти, мы его не успевали потреблять... Общее давление достигло 920 мм. Эти несколько тонн давления придавили люк, и рост давления прекратился. Потом давление стало падать на глазах».

Предложенная вниманию читателя выдержка из книги говорит о том, что внекорабельная деятельность (ВКД) сопряжена с большим риском для жизни и здоровья человека. Следует сказать, что полёт корабля “Восход-2” дал сильный импульс проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ как в области скафандростроения, так и медицинского обеспечения ВКД. В течение 50 лет, прошедших со дня выхода А.А. Леонова в открытый космос, космонавтика неразрывно связана с выполнением экипажами пилотируемых космических аппаратов сложнейшей и рискованной работы за бортом. К настоящему времени состоялось более 300 выходов в открытый космос, американские астронавты в рамках программы “Аполлон” работали

на Луне. Важность таких операций, связанных с проведением ремонтных и наладочных работ, заменой вышедших из строя узлов и агрегатов, обслуживанием спутников, монтажом новых орбитальных станций, осуществлением научных экспериментов, наконец, с пребыванием на других планетах (Луна, Марс, метеориты), не подлежит сомнению.

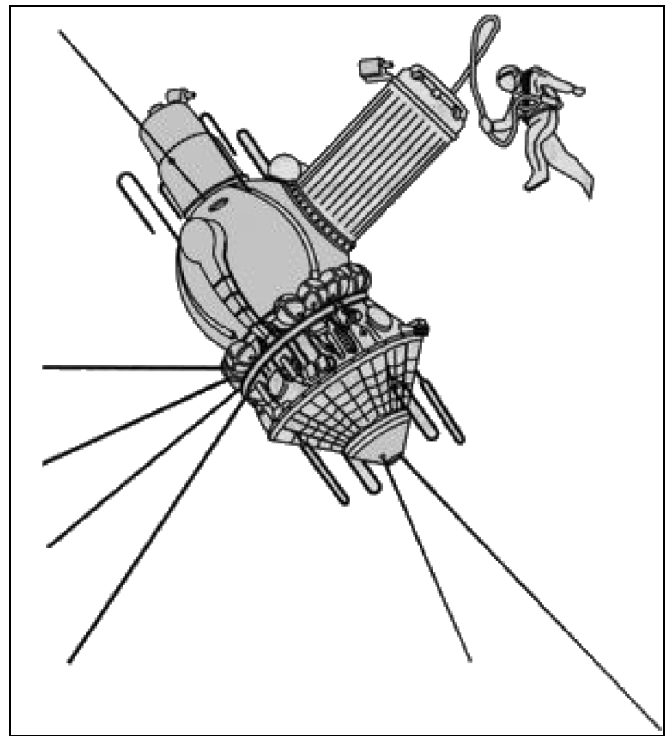
Необходимость внекорабельной деятельности космонавтов как эффективного средства решения ряда задач во время пилотируемых космических полётов предвидел ещё К.Э. Циолковский. В начале прошлого века он приступил к обоснованию принципов создания скафандра, системы шлюзования и страховки для обеспечения работы человека в открытом космосе [2].

В настоящее время предложена терминология, определяющая *космический скафандр* как одну подсистему (то есть антропоморфную оболочку) индивидуальной системы обеспечения жизнедеятельности [3]. Термин “индивидуальная система обеспечения жизнедеятельности” целиком относится к системе, необходимой для человека в условиях среды, в которой иначе он не смог бы существовать. Слово “индивидуальная” указывает на отличие этой системы от оборудования космического корабля, которое поддерживает жизнедеятельность всех членов экипажа одновременно. *Индивидуальная система обеспечения жизнедеятельности* подразумевает два основных класса систем в зависимости от главной цели их применения. Первый — это индивидуальная система обеспечения жизнедеятельности экипажа на борту летательного аппарата (спасательный скафандр), или внутрикорабельная система, второй — индивидуальная система обеспечения жизнедеятельности за бортом летательного аппарата, или внекорабельная система.

Как в советской, так и в американской космических программах индивидуальные системы жизнеобеспечения разрабатывались с целью

- применения внутри корабля для обеспечения жизнедеятельности экипажа и выполнения им работ в случае разгерметизации кабины или загрязнения атмосферы;
- обеспечения внекорабельной деятельности, позволяющей человеку выполнять полезную работу и решать исследовательские задачи в космическом вакууме на орбите Земли или на поверхности другой планеты.

Спасательный скафандр является необходимым элементом обеспечения безопасности экипажа. Он позволяет людям находиться в разгерметизированной кабине космического аппарата при любом вакууме практически неограниченное время, пока сохраняются запасы систем жизнеобеспечения. Скафандр “Беркут”, в котором ра-



“Восход-2” в открытом космосе

ботал А.А. Леонов во время выхода в открытый космос, относится к этому типу. Первый выход в открытый космос продемонстрировал принципиальную возможность пребывания и работы человека вне кабины космического корабля. Ввиду кратковременности ВКД применялся вентиляционный вариант скафандра с автономной системой обеспечения жизнедеятельности открытого типа. Небольшая по продолжительности программа ВКД потребовала от космонавта значительного психофизического напряжения.

В нашей стране огромный вклад в создание космических скафандров внесли учёные НПП “Звезда” во главе с выдающимся отечественным конструктором индивидуальных средств защиты академиком Г.И. Севериным. Концепция применения скафандра полужёсткого типа в связи с подготовкой лунной экспедиции и переходом к регулярным работам в открытом космосе была разработана ещё в 1960-х годах. Он создавался коллективом конструкторов НПП “Звезда”, в числе которых И.Р. Абрамов, В.И. Сверщек, А.С. Барер и другие. Над проблемами медицинского обеспечения внекорабельной деятельности успешно работали учёные других учреждений Минобороны СССР и Минздрава СССР — М.И. Вакар, В.В. Щиголев, Е.А. Коваленко, И.И. Касьян, В.П. Зинченко, Л.Г. Головкин, П.М. Граменицкий, Н.А. Агаджанян, В.П. Катунцев и многие другие.

Для осуществления внекорабельной деятельности как в России, так и в США используется антропоморфная форма космического скафандра с ранцевой системой жизнеобеспечения, устанавливаемой на спине, и с органами управления, расположенными спереди. И советскими, и американскими специалистами разработаны полужёсткие конструкции скафандра: верхняя часть корпуса и шлем — жёсткие, а нижняя часть корпуса (штанины, рукава и перчатки) — мягкие. Вместе с тем конструкторы СССР и США создали разные схемы входа в скафандр.

Как показал опыт работы на орбитальных станциях типа “Салют”, “Мир” и МКС, полужёсткий тип конструкции наиболее полно отвечает требованиям, предъявляемым к скафандру для внекорабельной деятельности. Этот тип скафандра, впервые применённый космонавтами Г.М. Гречко и Ю.В. Романенко в 1977 г., представляет единый комплекс, включающий в себя как собственно скафандр (гермооболочку), так и автономную систему обеспечения жизнедеятельности. Конструкция полужёсткого скафандра позволяет поддерживать в нём сравнительно высокое давление (около 40 кПа), благодаря чему сокращается время десатурации (выведение из организма азота, растворённого в жидких средах, путём выдыхания кислорода) при подготовке к деятельности вне корабля.

Необходимый микроклимат внутри скафандра создаётся автономной системой жизнеобеспечения замкнутого регенерационного типа. Она представляет собой комплекс технических устройств, включающий систему кислородного питания с аппаратурой для поддержания давления в скафандре, систему вентиляции и регулирования газового состава, систему терморегулирования, электрооборудование, агрегаты управления и приборы контроля.

Чётко намечившаяся перспектива существенного увеличения объёмов работ в открытом космосе, их сложности обуславливает необходимость постоянного совершенствования систем обеспечения внекорабельной деятельности, которые должны отвечать всё возрастающим требованиям безопасности, надёжности и эффективности. Важной составной частью таких систем является адекватный медицинский мониторинг с целью сохранения здоровья и поддержания высокого уровня работоспособности участников ВКД. Результаты медицинского обеспечения ВКД с борта российских космических кораблей и орбитальных станций представлены в ряде опубликованных работ [4, 5, 6].

За период эксплуатации МКС осуществлён 41 выход в открытый космос с использованием российских скафандров “Орлан-М”. Космонавтами реализован значительный объём работ, связанных с постановкой в открытом космосе уни-

кальных научных экспериментов, транспортировкой и монтажом на внешней поверхности МКС крупногабаритных конструкций, проведением ремонтных и наладочных операций, заменой вышедших из строя технических узлов и агрегатов, подготовкой станции к приёму европейского грузового корабля и т.д.

Для выполнения работ в открытом космосе на борту МКС имеются два вида скафандров: уже упоминавшийся российский “Орлан-М” и американский “EMU”. Несмотря на одинаковое их целевое назначение и внешнее сходство, скафандры существенно отличаются друг от друга по технической конструкции, эксплуатации и процедурам подготовки к ВКД. С учётом этих различий для обеспечения безопасности пребывания в открытом космосе определены принципы организации работ по подготовке и выполнению ВКД на борту МКС, обеспечение внекорабельной деятельности российского космонавта и американского астронавта осуществляется по разным протоколам.

При использовании российского скафандра “Орлан-М” ответственными за подготовку, техническое и медицинское сопровождение ВКД являются российские специалисты, и функции ведущего Центра управления полётом (ЦУП) выполняет российский ЦУП-М. Когда используется американский скафандр “EMU”, ответственными за подготовку, техническое и медицинское сопровождение ВКД являются американские специалисты, а функции ведущего ЦУПа выполняет американский ЦУП-Х, расположенный в г. Хьюстоне (США, штат Техас). Как в первом, так и во втором случае общими регламентирующими документами при проведении ВКД с борта МКС являются “Полётные правила по медицинским операциям и оценке состояния здоровья”, согласованные с партнёрами по МКС.

На период работы экипажа в российских скафандрах приоритет управления медицинским обеспечением космического полёта передаётся подгруппе медицинского обеспечения операции “Выход” (МОВ) Группы медицинского обеспечения Главной оперативной группы управления полётом (ГМО ГОГУ). В состав подгруппы МОВ входят специалисты ГНЦ РФ ИМБП РАН, АО НПП “Звезда” и Центра подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина. В случае ВКД с участием иностранных членов экипажа к работе подгруппы МОВ могут привлекаться медицинские представители соответствующего космического агентства.

В зависимости от целей и задач конкретных экспедиций частота выходов в открытый космос с борта МКС варьировалась от двух до пяти в год. Большинство (60%) ВКД выполнено в период от 60-х до 120-х суток космического полёта. Самый ранний выход был осуществлён на 40-е сутки.



Экипаж корабля “Восход-2” — космонавты А.А. Леонов и П.И. Беляев

В полётах продолжительностью более четырёх месяцев ВКД предпринималась в шести случаях, причём в двух из них работа в открытом космосе проводилась в период с 158-х по 168-е сутки пребывания экипажа на орбите.

Медицинское обеспечение ВКД направлено на создание безопасных условий работы космонавтов в открытом космосе, сохранение их здоровья, поддержание высокого уровня умственной и физической работоспособности. Важность и необходимость медицинского обеспечения показал полёт А.А. Леонова на “Восходе-2”, когда возникли некоторые трудности при демонтаже киноаппаратуры и возвращении в шлюзовую камеру, что отразилось на физическом состоянии космонавта: температура тела увеличилась до 37.6°C , частота дыхания — до 26 в минуту, частота сердечных сокращений — до 162 в минуту. Средние значения потребления кислорода при этом соответствовали уровню 0.8 л/мин. Только после закрытия люка и снижения физической активности физиологические параметры у космонавта стали возвращаться к исходному уровню. Определение энерготрат во время ВКД не производилось, но было очевидно, что уровень теплопродукции превышает возможности вентиляционной системы скафандра. Кроме того, первый выход человека в открытый космос показал, что при движениях вне кабины космического корабля основную роль в ориентации в пространстве играет зрительный анализатор, несколько меньшую — тактильная чувствительность, ещё меньшую — мышечно-суставная рецепция.

При подготовке к космическому полёту медицинское обеспечение внекорабельной деятельности включает динамический медицинский контроль в процессе специальных тренировок с использованием скафандра в лаборатории гидронеомости, в вакуумных камерах и на других стендах. В ходе полёта медицинское и психологическое обследование экипажа осуществляется за 1–2 недели до предстоящей операции с целью определить его исходное функциональное состояние и уровень работоспособности. В сутки вы-



Почтовый блок “СССР Восход-2. Триумф страны советов”, 1965 г. (изображение корабля не соответствует действительности)

полнения ВКД проводится утренний медицинский контроль, оперативный (в течение всего времени выхода) медицинский контроль и обследование космонавтов после завершения операции.

Цель комплексного медицинского и психологического обследования — оценить состояние здоровья и определить уровень работоспособности экипажа на конкретном этапе длительного космического полёта перед работой в открытом космосе. Помимо общепринятых медицинских обследований предусмотрено проведение двух специальных тестов с физической нагрузкой на велоэргометре: велоэргометрия ногами — для оценки физической работоспособности участников ВКД и велоэргометрия руками — для оценки тренированности мышечного аппарата верхних конечностей. По итогам обследования делается медицинское заключение о состоянии здоровья экипажа и его готовности к выполнению запланированной ВКД.

Утренний медицинский контроль в сутки выполнения ВКД включает доклад экипажа о самочувствии, регистрацию и анализ ЭКГ в отведении D-S, расчёт по интервалам “R-R” частоты сердечных сокращений, измерение кровяного давления и температуры тела, проведение биохимического анализа мочи.

Оперативный контроль за состоянием здоровья космонавтов во время ВКД осуществляется по результатам анализа поступающей в ЦУП медицинской телеметрической информации (ЭКГ, частота сердечных сокращений, температура тела) и телеметрической информации, отражающей основные параметры функционирования системы жизнеобеспечения скафандра. При оперативном контроле используются также доклады о самочувствии участников ВКД, данные радиообмена и телевизионного наблюдения за поведением и деятельностью экипажа. В отличие от программы “Мир”, при медицинском сопровождении ВКД с борта МКС параметр “частота дыхания” не регистрируется.

После завершения ВКД обследование её участников включает доклады об их самочувствии, данные радиопереговоров, ТВ-изображения и биохимический анализ мочи. В отличие от программы “Мир”, на этом этапе обследования участников ВКД измерение массы тела производилось только в начальный период реализации пилотируемых полётов на МКС у космонавтов, выполнявших первые семь выходов в открытый космос. Эксплуатационные и физиологические неудобства ректальной, подмышечной и оральной термометрии привели к разработке метода регистрации температуры тела в заушной области.

По концентрации углекислого газа и расходу вентилирующего скафандр газа, а также по падению давления в кислородных баллонах оцениваются выделение углекислого газа, потребление кислорода и энерготраты космонавта методом непрямой калориметрии. По расходу хладагента, разности температуры воды на входе и выходе костюма водяного охлаждения (КВО) и температуре газа методом прямой калориметрии определяется теплосъём с тела космонавта. В качестве оперативной информации используются также данные ТВ-изображений, радиообмена, в том числе доклады космонавтов о своём самочувствии, и телевизионное наблюдение за их поведением и деятельностью.

В своих отчётах, особенно после напряжённых и длительных работ, космонавты, помимо общей усталости, нередко указывали на утомление мышц рук, отмечали появление болей и потёртостей кожи на кистях и пальцах. В целях профилактики утомления и поддержания высокого уровня работоспособности космонавтов во время ВКД планирование и подготовка к ней базируются на объективной информации о характере предстоящих операций, времени, трудоёмкости и условиях их выполнения в открытом космосе.

Результаты медицинского обеспечения ВКД свидетельствуют также о том, что работа в открытом космосе является весьма напряжённой не только в физическом, но и в психоэмоциональном отношении. Как правило, основной причиной развития у космонавтов психоэмоционального напряжения являются ситуации, возникновение которых обусловлено нештатным функционированием технических средств обеспечения ВКД и (или) отклонениями от запланированной циклограммы ВКД. Степень психоэмоционального напряжения связана, кроме того, с индивидуальными особенностями космонавта, а также наличием у него предшествующего опыта работы в открытом космосе.

Высокая профессиональная подготовка и опыт участника ВКД позволяют сократить время на выполнение типовых операций, снижают уровень энерготрат, а также частоту сердечных сокращений. Для обеспечения безопасной и про-

дуктивной работы космонавтов в открытом космосе существенное значение имеет поддержание температурного гомеостаза организма. У космонавта, облачённого в современный скафандр для ВКД, баланс между величинами теплопродукции и теплоотдачи достигается путём регулирования уровня теплосъёма с поверхности тела преимущественно за счёт изменения температуры охлаждающей жидкости на входе в КВО и в меньшей степени за счёт объёма вентиляции подскафандрового пространства.

Случаев перегрева и переохлаждения организма не возникало. Однако в переходных ситуациях, когда теплосъём кратковременно становился ниже теплопродукции, у космонавтов появлялись транзиторные ощущения умеренного теплового дискомфорта. В те же моменты, когда теплосъём превышал уровень теплопродукции, космонавты описывали свои ощущения как “прохладно”. Это особенно характерно для первых минут отдыха после интенсивной работы, а также по возвращении на станцию и выходе из скафандра. Переодевание в сухое бельё и приём горячей пищи вызывали нормализацию теплоощущений. При выполнении работ на внешней поверхности МКС при продолжительном контакте с охлаждёнными металлическими предметами и оборудованием станции некоторые участники ВКД обращали внимание на появление у них умеренного холодового дискомфорта в области кистей.

Одной из важных задач медицинской поддержки ВКД является разработка мероприятий по надёжной защите экипажа от развития высотной декомпрессионной болезни (ВДБ). Актуальность этой задачи обусловлена тем обстоятельством, что для обеспечения удовлетворительной подвижности космонавта, облачённого в скафандр для ВКД, в скафандре поддерживается более низкое давление, чем давление в кабине пилотируемого космического объекта. Поэтому процедура перехода космонавта из атмосферы космического корабля или станции на режим рабочего давления скафандра неизбежно связана с декомпрессией и, следовательно, созданием условий для появления в крови и тканях газовых пузырьков, являющихся причиной возникновения ВДБ. Как известно, самыми частыми симптомами ВДБ являются боли в конечностях различной интенсивности [7], возникновение которых может стать причиной невыполнения программы ВКД. Однако в ряде случаев при ВДБ возможно развитие тяжёлых системных нарушений с поражением центральной нервной системы, расстройством дыхания и кровообращения [8, 9], которые могут приводить к стойкому нарушению здоровья и даже летальному исходу [10].

Один из возможных путей решения этой проблемы — использование скафандра с более низким уровнем рабочего давления, как, например,



Члены экипажа 37-й экспедиции на МКС космонавты О.В. Котов и С.М. Рязанский в открытом космосе

это имело место при реализации серии лунных экспедиций по программе “Аполлон”. Однако поддержание в скафандре более низкого давления приведёт к значительному повышению риска возникновения ВДБ при переходе экипажа из нормобарической атмосферы космического корабля. Таким образом, дальнейшая разработка данного направления сохраняет свою актуальность, в частности, при обосновании декомпрессионной безопасности при пилотируемых полётах на Марс.

Все выполненные к настоящему времени выходы в открытый космос из российских космических кораблей и орбитальных станций, включая 45 выходов с борта МКС, завершились успешно, без развития симптомов ВДБ. По расчётам на основе общего числа реально проведённых ВКД и наземных экспериментов, выполненных по моделированию ВКД с использованием скафандра в вакуумной камере, было установлено, что российский протокол предотвращает возникновение ВДБ у космонавтов с надёжностью не ниже 0.995 при доверительном уровне вероятности 0.95 [11]. Необходимо особо подчеркнуть, что такой результат достигнут на фоне весьма непродолжительной подготовки к ВКД — лишь 30 минут целенаправленной денитрогенации организма. При этом начальная величина коэффициента перенасыщения тканей организма азотом составляла от 1.64 до 1.93 в зависимости от конкретного газового состава и давления в жилых отсеках космического объекта в день ВКД и давления в скафандре.

Однако отсутствие случаев возникновения ВДБ при выходах в открытый космос в скафандрах как “Орлан”, так и “ЕМУ” ещё не означает, что проведение этих операций по принятым в России и США протоколам безопасно. Имитация ВКД в скафандре с уровнем рабочего давления 320 мм рт.ст. не исключает возможности форми-

рования в организме “немых” газовых пузырьков, которые в ряде случаев удаётся обнаружить в венозном кровотоке ультразвуковой доплеровской аппаратурой. Ещё более вероятным представляется возникновение ВДБ у космонавтов и астронавтов в случае нарушения по каким-либо причинам штатного протокола проведения ВКД, как, например, при сокращении длительности десатурации организма или при нештатном снижении давления в скафандре.

При диагностировании симптомов декомпрессионной болезни во время ВКД принимается решение о прекращении работ, срочном возвращении в шлюзовую отсек орбитальной станции, обратном шлюзовании и переходе к давлению жилого отсека. Как показывают результаты исследований, выполненных в барокамере, в большинстве случаев такого повышения давления (в сочетании с дыханием чистым кислородом) оказывается вполне достаточно для быстрой ликвидации симптомов ВДБ и достижения полного терапевтического эффекта.

Рациональная структура режима труда и отдыха (РТО) является важным средством поддержания оптимального уровня работоспособности экипажа в космических полётах большой продолжительности. Для организации РТО на этапе подготовки и выполнения ВКД с российского сегмента МКС использовался опыт, накопленный при выполнении ВКД в длительных полётах на орбитальном комплексе “Мир”. В сутки проведения ВКД режим космонавтов строится с учётом продолжительности сеансов связи экипажа с ЦУПом и условий освещённости на орбите. Весь рабочий день подчинён целям предстоящего выхода в открытый космос. Деятельность космонавтов можно условно разделить на следующие этапы:

- проведение подготовительных операций (осмотр МКС, утренний медицинский контроль,

подготовка рабочего отсека и транспортного корабля, закрытие люков МКС, надевание снаряжения, проверка герметичности скафандров, преоксигенация, прямое шлюзование);

- работа в открытом космосе;
- проведение заключительных операций (обратное шлюзование, выход из скафандров, медицинский контроль, приведение рабочего отсека и транспортного корабля в исходное состояние, сушка и замена сменных элементов скафандров).

В зависимости от полётной программы РТО пересматривался по усмотрению экипажа однократно или на 1–2 часа в сутки. В случае ночных сеансов ВКД экипажу после обеда предоставлялось дополнительное личное время для отдыха. Однако далеко не все космонавты могли использовать его для сна. У некоторых из них отмечалось доминирование привычного суточного стереотипа. Высказывались замечания типа “природу не обманешь”, “с трудом привыкаем”, “нет желания выполнять физические упражнения”.

В целом можно заключить, что работа экипажей на этапе подготовки и осуществления ВКД часто сочетается с нарушением привычного суточного распорядка, пролонгированным рабочим днём, ограниченностью времени для отдыха, увеличением интервалов между приёмами пищи, выполнением рабочих операций в ночные часы. При обосновании рекомендаций на перспективу необходимо иметь в виду, что любые эпизоды ночной работы, даже если она проводится на фоне самого лучшего суточного распорядка, предусматривающего достаточную продолжительность предшествующего ночного сна, оптимальный режим питания, отдых в день перед ночным сеансом ВКД, выполняются в состоянии естественного снижения функциональных возможностей организма, обусловленного суточной ритмичностью его активности. Поэтому нагрузки, которые приходится переносить в ночные часы, требуют более высокого по сравнению с дневными часами напряжения функциональных систем организма, повышают вероятность ошибочных решений и действий.

Таким образом, необходимо отметить, что выходы в открытый космос, проведённые с борта российского сегмента МКС на различных этапах длительных полётов, завершились успешно. Физиологические реакции участников ВКД были адекватны характеру выполняемой работы и степени психофизиологической напряжённости. Используемая система медицинского сопровождения ВКД позволяла оперативно оценивать состояние здоровья космонавтов, прогнозировать и предупреждать развитие неблагоприятных состо-

яний. Полученные данные могут быть использованы для разработки концепции медицинского сопровождения ВКД в предстоящих межпланетных пилотируемых полётах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батулин Ю.М. Мировая пилотируемая космонавтика: История. Техника. Люди. М.: РТС-софт, 2005.
2. Циолковский К.Э. Труды по космонавтике: Исследование мировых пространств реактивными приборами (1926). М.: Машиностроение, 1967.
3. Мак-Барон П.Д., Витсетт Ч., Северин Г.И., Абрамов И.П. Индивидуальные системы жизнеобеспечения космонавтов: Обеспечение внекорабельной деятельности // Космическая биология и медицина: Обитаемость космических летательных аппаратов / Ред. Генин А.М., Салзман Ф. Т. 2. М.: Наука, 1994. С. 389–460.
4. Катунцев В.П., Осипов Ю.Ю., Гноевая Н.К. и др. Медицинское обеспечение внекорабельной деятельности космонавтов. Орбитальная станция “Мир” // Космическая биология и медицина. Т. 1. М.: ГИЦ РФ ИМБП РАН, 2001. С. 482–499.
5. Катунцев В.П., Осипов Ю.Ю., Гернхардт М.Л. и др. Внекорабельная деятельность // Космическая биология и медицина. Российско-американское сотрудничество в области космической биологии и медицины. Т. 5. М.: Наука, 2009. С. 283–352.
6. Катунцев В.П., Осипов Ю.Ю., Барер А.С. и др. Медицинское обеспечение внекорабельной деятельности. Международная космическая станция, российский сегмент // Космическая биология и медицина. Т. 1. М.: ГИЦ РФ ИМБП РАН, 2011. С. 196–213.
7. Граменицкий П.М. Декомпрессионные расстройства // Проблемы космической биологии / Под ред. Черниговского В.Н. Т. 25. М.: Наука, 1974.
8. Davis J.C., Sheffield P.J., Schuknecht L., et al. Altitude decompression sickness: Hyperbaric therapy results in 145 cases // Aviat. Space Environ. Med. 1977. V. 48. № 8.
9. Катунцев В.П., Щербакова М.А. Лёгочная форма декомпрессионной болезни: анализ 29 случаев возникновения у человека при подъёмах в барокамере // Космич. биол. и авиакосмич. мед. 1994. Т. 28. № 3.
10. Dixon J.P. Death from altitude-induced decompression sickness: major pathophysiologic factors // The Proceedings of the 1990 hypobaric decompression sickness workshop / Ed. by A.A. Pilmanis. Air Force System Command. Brooks Air Force Base. Texas 78235-5000. 1992. P. 97–106.
11. Barer A.S. Physiological and medical aspects of the EVA. The Russian experience // SAE Technical Series. № 951591. 25th International Conference on Environmental Systems. San Diego, California. July 10–13. 1995.

DOI: 10.7868/S086958731504009X

Нейрохирургия, сравнительно молодая и одна из сложнейших областей медицинской практики, за столетие своего развития в качестве автономного направления достигла невероятных успехов во многом благодаря тому, что интегрировала достижения научно-исследовательской деятельности, совершенствования медицинской техники и операционных методов. Вместе с тем нейрохирургия всегда сама была источником фундаментальных знаний о нервной системе и не только черпала информацию из таких разделов, как генетика, биохимия и физиология, но и обогащала их данными о патологических и нормальных состояниях и функционировании нервной системы. Этот процесс взаимного обогащения, стимулируемый появлением всё новых технологических возможностей, не только демонстрирует продуктивность исследований, лежащих на пересечении фундаментальных и практико-ориентированных дисциплин, но и позволяет надеяться на увеличение положительной статистики по числу спасённых и возвращённых к нормальной жизнедеятельности больных с различными травмами и органическими заболеваниями, в частности, благодаря методам нейропротекции и стимуляции нейрогенеза, или, по крайней мере, на улучшение качества жизни в случае неизлечимых заболеваний, в том числе с использованием методов нейромодуляции.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В НЕЙРОХИРУРГИИ

**А.А. Потапов, А.Н. Коновалов, В.Н. Корниенко, А.Д. Кравчук, Л.Б. Лихтерман, И.Н. Пронин,
Н.Е. Захарова, Е.В. Александрова, А.Г. Гаврилов, С.А. Горяйнов, Г.В. Данилов**

В последние годы шла интенсивная разработка новых биомедицинских технологий, в клиническую медицину активно внедрялись достижения фундаментальных наук, принципы доказательной и персонализированной медицины [1–5]. Бурное развитие получили различные разделы нейронауки — молекулярная и клеточная нейробиология, нейрогенетика, нейрофизиология. Они существенно обогатили клинические нейронауки, прежде всего неврологию и нейрохирургию [6–10]. В свою очередь нейрохирургия стимулировала оригинальные технологические решения в области нейровизуализации с возможностью прижизненного изучения анатомии мозга, структуры проводящих путей взаимосвязи мозгового кровообращения, метаболизма и функциональной активности как в норме, так и при патологии [11, 12].

Сегодня нейрохирургия как клиническая специальность и как раздел нейронауки, включающий изучение фундаментальных проблем жизнедеятельности мозга, охватывает широкий спектр социально значимой патологии нервной системы. Это прежде всего сосудистая патология нервной системы, нейроонкология, нейротравма, нейродегенеративные заболевания, врождённая патология, эпилепсия, гидроцефалия и др. Именно в нейрохирургии были получены новые данные о функциональной анатомии мозга, индивидуальных особенностях корковых и подкорковых взаимосвязей, ответственных за поддержание сознания и высших психических функций, обнаружена многовариантность представительства речевых функций, памяти, сенсомоторных актов [2, 13]. Проводятся исследования механизмов пластич-

Авторы работают в Научно-исследовательском институте нейрохирургии им. академика Н.Н. Бурденко. ПОТАПОВ Александр Александрович — академик, директор, КОНОВАЛОВ Александр Николаевич — академик, научный руководитель института, КОРНИЕНКО Валерий Николаевич — академик, заведующий отделением нейрорентгенологии, КРАВЧУК Александр Дмитриевич — доктор медицинских наук, и.о. заведующего отделением нейротравмы, ЛИХТЕРМАН Леонид Болеславович — доктор медицинских наук, главный научный сотрудник 9-го клинического отделения, ПРОНИН Игорь Николаевич — доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отделения нейрорентгенологии, ЗАХАРОВА Наталья Евгеньевна — доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник отделения нейрорентгенологии, АЛЕКСАНДРОВА Евгения Владимировна — кандидат медицинских наук, врач-невролог 9-го клинического отделения, ГАВРИЛОВ Антон Григорьевич — кандидат медицинских наук, врач-нейрохирург, ГОРЯЙНОВ Сергей Алексеевич — научный сотрудник 9-го клинического отделения, ДАНИЛОВ Глеб Валерьевич — аспирант.

apotapov@nsi.ru; akonovvalov@nsi.ru; kornienko@nsi.ru; kravtchouk@nsi.ru; likhterman@hotmail.com; pronin@nsi.ru; nzakharova@nsi.ru; ealexandrova@nsi.ru; anton_gavrilov@hotmail.com; sergey255@yandex.ru; glebda@yandex.ru

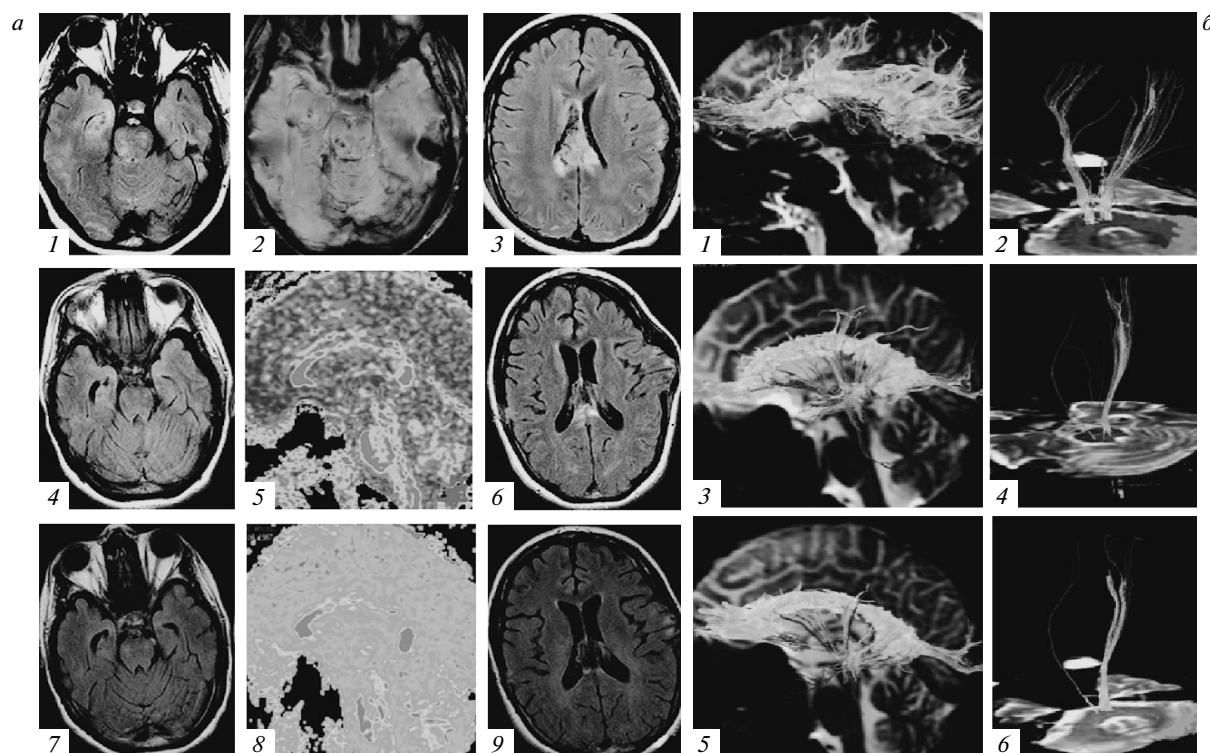


Рис. 1. Клинический случай пациентки 22 лет с диффузным аксональным повреждением и неблагоприятным исходом (тяжелая инвалидизация, тетрапарез)

а — результаты МРТ-исследования. При исследовании на 4-е сутки после травмы в режимах T2-FLAIR (1, 3) и SWAN (2) определяются очаги повреждения на уровне мозолистого тела, моста и среднего мозга; при исследовании на 33 сутки (4, 6 — T2-FLAIR, 5 — карта фракционной анизотропии в сагиттальной проекции) и исследовании через 4 месяца (7, 9 — T2-FLAIR, 8 — карта фракционной анизотропии), выявляются атрофические изменения больших полушарий, ствола и мозолистого тела; *б* — динамика данных МР-трактографии; при исследовании, проведенном на 4-е сутки (1, 2), определяется частичное отсутствие визуализации волокон передней трети мозолистого тела, кортикоспинальные тракты относительно симметричны; при исследовании на 33-е сутки (3, 4) визуализируются лишь отдельные восходящие волокна в средней трети, а также в колоне и валике мозолистого тела, асимметрия КСТ — истончение волокон слева; исследование, предпринятое спустя 4 месяца после травмы (5, 6), выявляет только отдельные волокна области колена и валика мозолистого тела, а также грубое асимметричное истончение КСТ

ности мозга, перестройки структурно-функциональных взаимосвязей как при острых, так и хронических заболеваниях [14–18].

Внедрение высокотехнологических методов в диагностику и лечение. Успешное развитие нейрохирургии в последние десятилетия стало возможным благодаря появлению методов рентгеновской и магнитно-резонансной компьютерной томографии (КТ, МРТ), позитронно-эмиссионной и однофотонной томографии (ПЭТ, ОФЭКТ), ультразвуковой диагностики (УЗДГ), навигационных систем, благодаря постоянному совершенствованию микроскопов и эндоскопов, инструментов для эндоваскулярной хирургии, высокоточной радиохирургии и радиотерапии. Дальнейшее развитие получили методы компьютерного моделирования операций, аддитивные технологии в реконструктивной нейрохирургии, новые подходы к протезированию, восстановлению и модуляции нарушенных функций мозга с использованием технологий интерфейс “мозг—компьютер”, роботизированных систем и устройств [2, 16, 19–23].

Наряду с прикладными эффектами внедрение новых технологий в нейрохирургию стимулировало фундаментальные исследования тканевых, клеточных и молекулярных механизмов повреждения и восстановления нервной системы при различных видах патологии. Дальнейшее развитие получила концепция первичного и вторичного очагового и диффузного повреждений мозга при нейротравме. На модели диффузного аксонального повреждения были выявлены закономерности многомерного расщепления мозга с нарастающей дегенерацией комиссуральных (межполушарных), ассоциативных (внутриполушарных) и проекционных (кортикоспинальных) проводящих путей мозга [12, 24, 25]. Сегодня можно утверждать, что травма мозга, вызывая диффузное аксональное повреждение, является причиной, а лучше сказать, триггером (от англ. trigger — спусковой крючок) развёрнутой во времени посттравматической болезни проводящих путей мозга (рис. 1, *а, б*). Тяжесть посттравматической болезни, её клиническое течение и последствия определяются многими факторами: особенностями биомеханики,

возрастными и преморбидными, в том числе генетическими, факторами, индивидуальными особенностями вторичных патофизиологических реакций, адекватным подбором персонализированного алгоритма диагностических, лечебных и нейрореабилитационных мероприятий [26].

Постоянное совершенствование и повышение разрешающей способности методов нейровизуализации и нейрофизиологии открыло новые возможности изучения нарушений структурно-функциональной целостности мозга, которые лежат в основе разных форм нарушения сознания, когнитивных, мнестических, сенсомоторных и других функций мозга при различной церебральной патологии [14–16, 27, 28]. С помощью высокоразрешающих модальностей магнитно-резонансной томографии получены новые данные о нейроанатомических коррелятах травматической комы [29] и посткоматозных состояниях нарушения сознания. Для случаев тяжёлой травмы мозга, во-первых, впервые показана взаимосвязь повреждения определённых отделов ствола (моста в проекции холинергических ядер, центральной покрывной области среднего мозга) и сочетанного повреждения подкорковых структур мозга (неостриатума, палеостриатума и таламуса) с темпом восстановления сознания; во-вторых, на основе теоретических представлений о нейромедиаторах, участвующих в физиологии двигательных путей, выделены клинические синдромы дисфункции глутаматергической, холинергической и дофаминергической систем. Полученные новые данные позволили разработать персонализированный подход к подбору препаратов для пациентов, находящихся в бессознательном состоянии, что значительно улучшило исход заболевания [27, 28].

Благодаря использованию перфузионной компьютерной томографии выявлены характерные варианты объёмного мозгового кровотока в полусферных и стволовых структурах мозга при очаговых и диффузных поражениях, установлены критические уровни кровотока в стволе мозга при первичных и вторичных его повреждениях [12, 30–32].

Динамические исследования с использованием диффузионно-тензорной МРТ, проведённые в НИИ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко, показали не только деструкцию и дезинтеграцию проводящих путей после травмы мозга с развитием комы и грубых неврологических расстройств, но и возможность их реинтеграции в процессе восстановления нарушенных функций мозга [31]. Об актуальности исследований проводящих путей мозга человека в норме и при разной патологии свидетельствуют беспрецедентные по масштабу высокотехнологического обеспечения и объёму финансирования проекты: Human Brain Connectome, запущенный в США в 2010 г., и Hu-

man Brain Project, стартовавший в странах Евросоюза в 2013 г. [33, 34].

Методы предоперационного планирования и интраоперационной навигации. Нейровизуализация с использованием данных КТ, МРТ, ПЭТ, ОФЭКТ в самых разных сочетаниях стала неотъемлемой частью диагностики и предоперационного планирования в нейрохирургии. Помимо двухмерных изображений срезов мозга используется трёхмерная реконструкция. Она даёт возможность нейрохирургу лучше ориентироваться во время операций по удалению патологических образований, тем самым снижается риск повреждения жизненно важных структур и сосудов мозга.

Для более точного и минимально травматичного доступа при максимально возможной радикальности операций, особенно при нечётких границах между здоровой и патологической тканью, а также при расположении опухоли в функционально значимых зонах стали использоваться различные методы интраоперационной нейровизуализации (КТ, МТР, УЗИ), навигационные системы, сочетание микроскопической и эндоскопической техники, а также нейрофизиологические и нейрометаболические технологии [2, 13, 35, 36].

Использование разных методов нейровизуализации позволяет получать информацию не только о морфологии, гемодинамике, но и о функциональном и метаболическом состоянии мозга, в частности, метод навигации важен для определения функционально значимых зон — двигательных и речевых центров, локализация которых была установлена перед операцией с помощью функциональной МРТ и трактографии. Данные о функциональной анатомии, полученные с помощью функциональной и диффузионно-тензорной МРТ и интраоперационного нейрофизиологического картирования, показали, что распределение первичных двигательных и чувствительных, а также речевых центров гораздо шире и вариабельнее, чем предполагалось в классических работах П. Брока, К. Вернике, К. Бродмана [2, 13].

Особое значение для обеспечения атравматичности операции имеет нейрофизиологический мониторинг наиболее значимых структур и функций мозга. При операциях на полушариях мозга — это стимуляция моторной зоны коры и подкорковых пирамидных путей, при операциях вблизи речевых центров — манипуляции с пробуждением больного, при вмешательствах на стволе мозга — определение положения двигательных ядер путём их стимуляции, использование слуховых и сенсомоторных вызванных потенциалов [2]. Применение электрофизиологических методов оценки сохранности основных проводящих путей — непременное условие операций при интрамедуллярных опухолях.

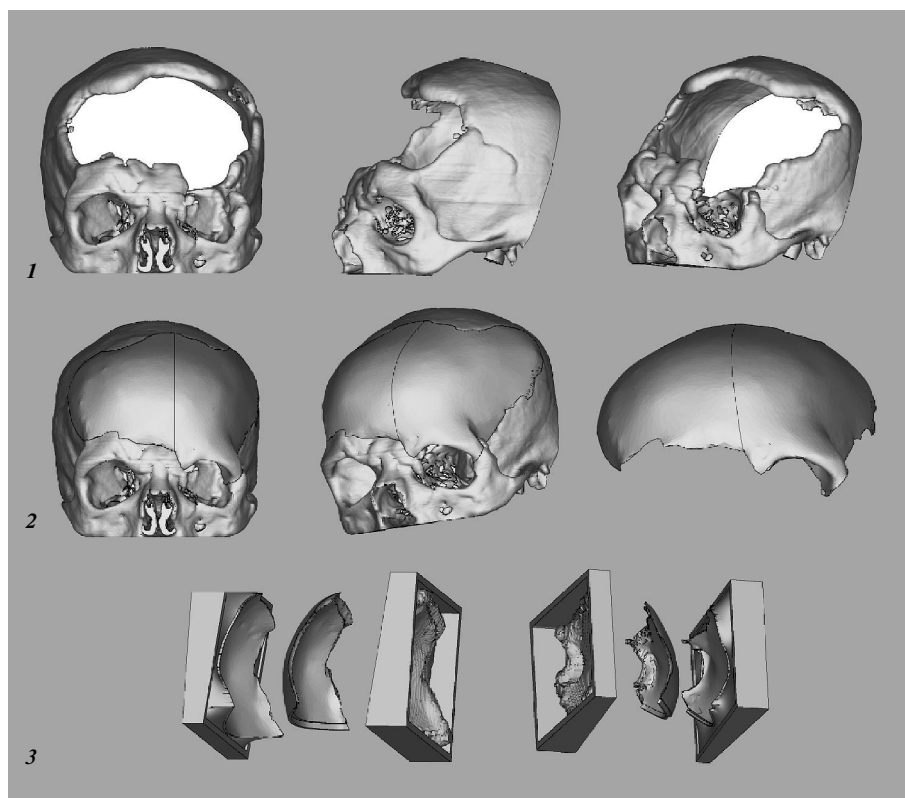


Рис. 2. Виртуальная модель (на основе спиральной компьютерной томографии) черепа пациента с обширным дефектом лобно-орбитальной области до и после виртуальной реконструкции (1, 2) и виртуальная модель пресс-формы и импланты (3)

Перспективные направления в нейрохирургии.

Среди основных направлений, из которых складывается современная нейрохирургия, следует выделить прежде всего биофотонику — новую область, получившую развитие благодаря сотрудничеству НИИ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко с Институтом общей физики им. А.М. Прохорова РАН и ГНЦ “НИОПИК”, где разрабатываются современные методы фотодинамической диагностики и терапии, создаются новые флуоресцирующие препараты [37–39]. При операциях по поводу опухолей мозга в институте широко применяется метод флуоресцентной диагностики и биоспектроскопии, повышающий одновременно и радикальность, и безопасность операций [2, 35, 36, 40].

Ещё одной важной составляющей современной нейрохирургии является реконструктивная нейрохирургия, обеспечивающая реконструкцию костных структур черепа и позвоночника, мозговых оболочек, системы ликвороциркуляции и кровообращения головного и спинного мозга, а также периферической нервной системы. Методы визуализации и информационные технологии позволяют получать трёхмерные изображения любых анатомических структур и патологических

образований, планировать сложные операции на виртуальных моделях [2, 3, 22]. Наиболее плодотворным в этом отношении оказалось сотрудничество с Институтом проблем лазерных и информационных технологий РАН, где была разработана отечественная технология компьютерной лазерной стереолитографии [19, 20]. По мере её совершенствования значительно улучшилось качество стереолитографических моделей, пресс-форм и имплантатов (рис. 2). В отличие от существующих в мире CAD/CAM технологий изготовления имплантатов “под заказ”, отечественная технология предполагает участие в их создании хирурга, использование биосовместимых материалов и точной пластиковой копии реконструируемого объекта и пресс-формы. Возможность изготовления имплантатов до операции или во время операции существенно сокращает время хирургического вмешательства и улучшает её косметический эффект. Кроме того, изготовление имплантатов из биосовместимых полиметилметакрилатов вне операционной раны исключает негативные последствия экзотермических реакций в момент полимеризации. Постоянное совершенствование информационных и аддитивных технологий получения высокоточных копий

биологических объектов и структур любой сложности, индивидуальных имплантатов из биосовместимых материалов открывает новые перспективы в реконструктивной краниocereбральной, краниофациальной и пластической хирургии, вертебрологии и ортопедии [41].

Быстро развивается эндоваскулярная хирургия. Начало ей положил Ф.А. Сербиненко [42], а сегодня она активно совершенствуется его учениками. Накопленный ими многотысячный опыт операций при различных заболеваниях сосудов мозга как у взрослых, так и у детей поистине уникален. Сегодня два основных метода лечения сосудистых заболеваний головного мозга — микрохирургический и эндоваскулярный — эффективно дополняют друг друга. Крайне важно, что оба направления с равноценным успехом развиваются в НИИ хирургии им. Н.Н. Бурденко, и это существенно расширяет возможности лечения различной сосудистой патологии ЦНС. На современном этапе методы эндоваскулярной нейрохирургии позволяют осуществлять малоинвазивные вмешательства на сосудах головного и спинного мозга. Внедрение современных микрокатетеров, микроспиралей, различных стентов и адгезивных клеевых композиций в сочетании с использованием современного ангиографического оборудования позволяет эффективно оказывать помощь пациентам с окклюзионно-стенотическими поражениями интракраниальных и экстракраниальных артерий, артериальными аневризмами и артериовенозными мальформациями.

Одним из наиболее высокотехнологичных и перспективных направлений нейрохирургии с точки зрения как возможности изучения индивидуальной нейроанатомии, так и эффективного воздействия на функциональную активность мозга является функциональная нейрохирургия. В настоящее время методы функциональной нейрохирургии, и прежде всего нейромодуляции, нашли применение в комплексном лечении паркинсонизма, различных форм торсионной дистонии, детского церебрального паралича, спастических синдромов, эпилепсии, хронических болевых синдромов нейрогенного и висцерального генеза, тяжёлых форм обсессивно-компульсивных расстройств, депрессии и других заболеваний [43]. Продолжаются исследования возможности нейромодуляции мозга при длительных бессознательных состояниях, включая персистирующее вегетативное состояние и состояние минимального сознания после тяжёлой травмы мозга [4, 16, 18].

Следует подчеркнуть, что дальнейшее развитие методов нейромодуляции тесно связано с применением высокоразрешающих методов нейровизуализации, главным образом МРТ, с новыми знаниями о функциональной анатомии и оптимальных мишенях при разной патологии, с совершенствованием навигационных систем и

созданием экономически более доступных программируемых имплантируемых систем. Экспериментальные разработки в области генной инженерии в комбинации с оптической нейростимуляцией открывают новые перспективы в развитии метода оптогенетической нейромодуляции [44].

Вариантом нейромодуляции являются экспериментальные разработки технологий интерфейсов “мозг—компьютер”. Сегодня проводятся первые многообещающие клинические наблюдения управления роботизированными протезами и экзоскелетонами, а также стимуляции мышечных групп и периферических нервов с целью восстановления различных двигательных актов, включая движения конечностей, ходьбу, глотание [21, 23].

Огромное значение имеют исследования, связанные с вопросами нейропротекции и нейропластичности. Одной из главных стратегий лечения в острой фазе церебральных повреждений различного генеза является предупреждение и устранение каскада вторичных повреждений мозга (нарушения проницаемости гематоэнцефалического барьера, развития отёка, нарушение гемо- и ликвороциркуляции), что требует прежде всего адекватной нейропротекции. Важным элементом лечения травматической болезни мозга является активация механизмов регенерации нейро-глиально-васкулярного комплекса. В последние годы удалось показать существование генетической предрасположенности к различной степени выраженности вторичных реакций мозга в ответ на повреждение. В частности, как было установлено, у пострадавших молодого возраста с наличием в гене Apolipoprotein allele 4 наблюдаются худшие исходы, чем у лиц с отсутствием этого признака [6]. Анализ данных клинических и экспериментальных исследований позволяет сделать вывод о том, что собственно продукт гена АРОЕ — аполипопротеин Е — играет важную роль в процессах нейропластичности и восстановления мозга при повреждениях.

Одновременно в основе пластичности нервной системы лежат разные механизмы адаптивной перестройки, синаптической пластичности, способность к спрутингу, регенерации глио-нейронально-васкулярного комплекса, формированию новых структурно-функциональных связей и пр. [17]. Экспериментальными исследованиями было, например, показано, что ключевую роль в процессах нейрорегенерации могут играть стволовые клетки, локализующиеся в основном в субвентрикулярной зоне и гиппокампе, а также вблизи эпандимы центрального канала спинного мозга. В ответ на повреждение пролиферирующие стволовые клетки начинают мигрировать в повреждённую зону, где дифференцируются в нейрональные или глиальные клетки, обеспечивая процессы нейрорегенерации [45]. Однако в

клинических условиях возможности регенерации и восстановления функции центральной нервной системы значительно ограничены. Решить данную задачу в будущем возможно путём стимуляции нейрогенеза с использованием как эндогенных, так и экзогенных факторов. Экспериментальными исследованиями показана возможность обращаться к различным методикам, в том числе электростимуляции, применению антидепрессантов и факторов роста. Однако результаты этих работ требуют более тщательной трансляции в клиническую медицину.

* * *

Предпринятый обзор основных областей, составляющих сегодня нейрохирургию, и её технологического состояния позволяет выделить следующие основные направления фундаментальных исследований и технологических решений:

- изучение функциональной анатомии мозга человека на основе интеграции данных нейровизуализации и 3D-картирования структурных, нейрометаболических, нейромедиаторных и нейрофизиологических паттернов;
- молекулярная диагностика и биомаркеры при сосудистых и опухолевых заболеваниях, травматических и радиационных поражениях мозга;
- изучение структурных, метаболических, нейромедиаторных и нейрофизиологических механизмов пластичности мозга и нейрогенеза;
- исследования нейроонкогенеза, разработка методов и технологий направленной доставки химиопрепаратов, противоопухолевых антител и онколитических вирусов;
- поиск нового класса нейро- и ангиопротекторов, клеточных и молекулярных технологий для модуляции нейрорегенеративных процессов;
- разработка новых биосовместимых материалов, стабильных и резорбируемых имплантатов и скаффолдов для реконструкции костных структур, оболочек и сосудов мозга, ликворопроводящих путей с возможностью управляемой биорезорбции, свойствами индукции клеточной регенерации и кондукции, развитие тканевой инженерии, создание тканевых эквивалентов и искусственных органов;
- новые технологические решения в микрохирургии, эндоскопии, реконструктивной, эндоваскулярной, функциональной нейрохирургии и высокоточной радиохирургии, робототехнике на основе достижений физической оптики, информатики, биофотоники, нано- и биотехнологий, ядерной медицины, продолжение разработок интерфейса “мозг—компьютер” и пр.

НИИ хирургии им. Н.Н. Бурденко активно работает по перечисленным направлениям, часть исследований поддерживается грантами РФФИ:

“Анализ структурно-функциональных механизмов пластичности, лежащих в основе восстановления сенсомоторных и когнитивных функций у пациентов с травматическим повреждением головного мозга” (№ 13-04-12061), “Прижизненная молекулярная диагностика злокачественных глиом головного мозга человека с использованием современных модальностей магнитно-резонансной томографии, интраоперационной флуоресцентной диагностики, комбинированной спектроскопии и гистогенетических исследований” (№ 13-04-40201-Н), “Создание биосенсорной системы лазерной спектральной флуоресцентной диагностики новообразований центральной нервной системы” (№ 13-04-12066).

ЛИТЕРАТУРА

1. Коновалов А.Н., Потапов А.А. Нейрохирургия — успехи и задачи // Вестник РАМН. 2011. № 2.
2. Коновалов А.Н., Потапов А.А., Гаврилов А.Г. и др. Современные технологии в нейрохирургии // Современные технологии и клинические исследования в нейрохирургии / Ред. Коновалов А.Н. М.: ИП “Т.А. Алексеева”, 2012.
3. Потапов А.А., Лихтерман Л.Б., Зельман В.Л. и др. Доказательная нейротравматология. М.: ПБОЮЛ Андреева ТМ, 2003.
4. Wild K.V. von, Gerstenbrand F., Dolce G. et al. Guidelines for quality management of apallic syndrome / vegetative state // European Journal of Trauma and Emergency Surgery. 2007. V. 33. P. 268—292.
5. Vos P.E., Alekseenko Y., Battistin L. et al. European Federation of Neurological Societies. Mild Traumatic Brain Injury // European Journal of Neurology. 2012. V. 19. P. 91—198.
6. Потапов А.А., Юсупова М.М., Тенедиева В.Д. и др. Клиническое и прогностическое значение генетических маркеров гена APOE при черепно-мозговой травме // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2010. № 3.
7. Окнина Л.Б., Шарова Е.В., Зайцев О.С. и др. Длиннолатентные компоненты акустического вызванного потенциала (N100, N200 и P300) в прогнозе восстановления сознания у больных с тяжелой черепно-мозговой травмой // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2011. № 3.
8. Зоркина Я.А., Юсубалиева Г.М., Кошкин Ф.А. и др. Экспрессия генов VEGF, GFAP и BDNF в головном мозге крыс после разных вариантов фракционированного G-облучения // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2014. № 4.
9. Gazzaniga M. Forty-five years of split-brain research and still going strong // Nature Reviews. Neuroscience. 2005. V. 6. P. 653—659.
10. Horner P.J., Gage F.H. Regenerating the damaged central nervous system // Nature. 2007. V. 407. P. 963—970.
11. Diagnostic Neuroradiology / Ed. by Kornienko V., Pronin I. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2009.

12. Zakharova N., Kornienko V., Potapov A., Pronin I. Neuroimaging of traumatic brain injury. Switzerland: Springer, 2014.
13. Ojemann G., Ojemann J., Lettich E., Berger M. Cortical language localization in left, dominant hemisphere // J. Neurosurg. 2008. V. 108. P. 411–421.
14. Доброхотова Т.А., Гриндель О.М., Брагина Н.Н. и др. Восстановление сознания после длительной комы у больных с тяжёлой черепно-мозговой травмой // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 1985. № 5.
15. Доброхотова Т.А., Потапов А.А., Зайцев О.С., Лихтерман Л.Б. Обратимые посткоматозные бессознательные состояния // Социальная и клиническая психиатрия. 1996. № 2.
16. Шарова Е.В., Амцеславский В.Г., Потапов А.А. и др. ЭЭГ-эффекты лечебной электростимуляции ЦНС при посттравматическом бессознательном состоянии // Физиология человека. 2001. № 2.
17. Скребицкий В.Г., Штарк М.Б. Фундаментальные основы пластичности нервной системы // Вестник РАМН. 2012. № 9.
18. Schiff N.D., Giciano J.T., Kalmar K. et al. Behavioral improvements with thalamic stimulation after severe traumatic brain injury // Nature. 2007. V. 448(7153). P. 600–603.
19. Евсеев А.В., Панченко В.Я., Якунин В.П. Лазерный синтез трёхмерных объектов из фотополимеризующихся композиций // Тезисы Российской национальной конференции “Лазерные технологии”. Шатура. 14–16 апреля 1993 г.
20. Антонов А.Н., Евсеев А.В., Камаев С.В. и др. Лазерная стереолитография — технология послойного изготовления трёхмерных объектов из жидких фотополимеризующихся композиций // Оптическая техника. 1998. № 13.
21. Ганин И.П., Шишкин С.Л., Кочетова А.Г., Каплан А.Я. Интерфейс мозг–компьютер “на волне P300”: исследование эффекта номера стимулов в последовательности их предъявления // Физиология человека. 2012. № 2.
22. Потапов А.А., Корниенко В.Н., Кравчук А.Д. и др. Современные технологии в хирургическом лечении последствий травмы черепа и мозга // Вестник РАМН. 2012. № 9.
23. Donoghue J.P., Nurmikko A., Black M., Hochberg L.R. Assistive technology and robotic control using motor cortex ensemble-based neural interface system in humans with tetraplegia // J. Physiol. 2007. V. 579(Pt 3). P. 603–611.
24. Захарова Н.Е., Потапов А.А., Корниенко В.Н. и др. Оценка состояния проводящих путей головного мозга при диффузных аксональных повреждениях с помощью диффузионно-тензорной магнитно-резонансной томографии // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2010. № 2.
25. Захарова Н.Е., Потапов А.А., Корниенко В.Н. и др. Динамическое исследование структуры мозолистого тела и кортикоспинальных трактов с помощью диффузионно-тензорной магнитно-резонансной томографии при диффузном аксональном повреждении // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2010. № 3.
26. Лихтерман Л.Б., Потапов А.А., Кравчук А.Д., Охлопков В.А. Классификация последствий черепно-мозговой травмы // Неврологический журнал. 1998. № 3.
27. Александрова Е.В., Зайцев О.С., Потапов А.А. Нейромедиаторные основы сознания и бессознательных состояний // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2014. № 1.
28. Alexandrova E., Zakharova N., Zaitsev O. et al. Neuro-mediator structures damaging in clinical evaluation of severe traumatic brain injury // Journal of Neurotrauma. 2012. V. 29 (10). D.18.
29. Потапов А.А., Захарова Н.Е., Корниенко В.Н. и др. Нейроанатомические основы травматической комы: клинические и магнитно-резонансные корреляты // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2014. № 1.
30. Потапов А.А., Захарова Н.Е., Пронин И.Н. и др. Прогностическое значение мониторинга внутричерепного и церебрального перфузионного давления, показателей регионального кровотока при диффузных и очаговых повреждениях мозга // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2011. № 3.
31. Захарова Н.Е., Корниенко В.Н., Потапов А.А., Пронин И.Н. Нейровизуализация структурных и гемодинамических нарушений при травме мозга. М.: ИП “Т.А. Алексеева”, 2013.
32. Данилов Г.В., Захарова Н.Е., Потапов А.А. и др. Кровоток в стволе головного мозга у пациентов в коме после тяжёлой черепно-мозговой травмы // Материалы IV Международной конференции “Фундаментальные и прикладные аспекты восстановления сознания после травмы мозга: междисциплинарный подход”. СПб., 2014.
33. Togo A.W., Clark K.A., Thomson P.M. et al. Mapping the Connectome // Neurosurgery. 2012. V. 71. P. 1–5.
34. Kupferschmidt K. Graphene and Brain Project Win European Jackpot // Science. 2013. V. 339. P. 497.
35. Горайнов С.А., Потапов А.А., Лощенов В.Б., Савельева Т.А. Флуоресцентная навигация и лазерная спектроскопия в хирургии глиом головного мозга. М.: “Медиа Сфера”, 2014.
36. Potapov A.A., Usachev D.J., Loshakov V.A. et al. First experience in 5-ALA fluorescence-guided and endoscopically assisted microsurgery of brain tumors // Med. Las. Applic. 2008. V. 23. P. 202–208.
37. Потапов А.А., Гаврилов А.Г., Горайнов С.А. и др. Интраоперационная флуоресцентная диагностика и лазерная спектроскопия в хирургии глиальных опухолей головного мозга // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2012. № 5.
38. Loshchenov M., Zelenkov P., Potapov A. et al. Endoscopic fluorescence visualization of 5-ALA photosensitized central nervous system tumors in the neural tissue transparency spectral range // Photonics and Lasers in Medicine. 2013. V. 0. P. 1–12.
39. Savelieva T.A., Loshchenov V.B., Volkov V.V. et al. The method of intraoperative analysis of structural and me-

- taboli changes in the area of tumor resection. Proc. SPIE 9129 // Biophotonics: Photonic Solutions for Better Health Care IV, 91290T (May 8, 2014).
40. Горайнов С.А., Потапов А.А., Гольбин Д.А. и др. Флуоресцентная диагностика и лазерная биоспектроскопия как один из методов мультимодальной нейронавигации в нейрохирургии // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2012. № 6.
 41. Коновалов А.Н., Потапов А.А., Лихтерман Л.Б. и др. Реконструктивная и минимально инвазивная хирургия последствий черепно-мозговой травмы. М.: ИП "Т.А. Алексеева", 2012.
 42. Serbinenko F.A. Catheterization and occlusion of major cerebral vessels // J. Neurosurg. 1974. № 4.
 43. Шабалов В.И., Исагулян Э.Д. Что делать с трудной болью? (Электростимуляция спинного и головного мозга в лечении неонкологической боли). М.: Реал-графика, 2008.
 44. Deisseroth K., Feng G., Majewska A.K. et al. Next-generation optical technologies for illuminating genetically targeted brain circuits // J. Neurosci. 2006. V. 26. P. 100380–100386.
 45. Horner P.J., Gage F.H. Regenerating the damaged central nervous system // Nature. 2007. V. 407. P. 963–970.

РАЗВИТИЕ МЕДИЦИНЫ И РАЗВИТИЕ БОЛЬШОЙ НАУКИ – ОБЩИЕ ДОСТИЖЕНИЯ, ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ

ОБСУЖДЕНИЕ НАУЧНОГО СООБЩЕНИЯ

Открывая дискуссию, академик **А.Н. Коновалов** поблагодарил Президиум РАН за возможность представить и обсудить результаты научной деятельности НИИ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. С его точки зрения, это событие является логичным продолжением инициатив академика Ю.С. Осипова, направленных на интеграцию медицинской и большой науки. Обоюдное стремление найти общие цели и задачи приносит, как показывает практика, хорошие результаты и подкрепляется особенностями современного этапа развития медицины, когда стоящие перед ней проблемы решаются на клеточном, молекулярном и генетическом уровнях. Это открывает перспективы для сотрудничества врачей с представителями очень многих дисциплин, поэтому практически каждый из присутствующих, по мнению А.Н. Коновалова, может принять участие в решении задач медицинской науки, в том числе нейрохирургии. Тенденция подкрепляется и тем, что, во-первых, тематика здоровья человека должна рассматриваться как высший приоритет, а во-вторых, мозг в рамках этого направления выступает в качестве особого объекта изучения, позволяя проникать в тайны самых сложных процессов организации нервной деятельности.

А.Н. Коновалов указал на обстоятельства, которые вызывают у него как у исследователя и врача тревогу. С одной стороны, это общие для всей реорганизуемой академической науки проблемы финансирования и определения тематики исследований, с другой — специфические трудности медицинской науки. Медицина, в частности нейрохирургия, как наука опирается на огромный клинический материал, на опыт лечения десятков и сотен тысяч пациентов. При этом технический

и методический уровень в медицинских учреждениях РАМН заметно превышает соответствующий уровень в других медицинских организациях страны. Поэтому судьба институтов РАМН является определяющей для развития медицины в России. Здесь сконцентрирован тот потенциал, который необходимо развивать в тесном сотрудничестве с другими академическими и неакадемическими научными учреждениями.

Академик **В.Я. Панченко** выделил два аспекта развития нейрохирургии. Первый заключается в том, что новые технологии осваиваются рядовыми хирургами и таким образом получают широкое распространение. Эта тенденция наблюдается и в России, и за рубежом. Например, новейшие методы, основанные на дистанционном биомоделировании и позволяющие получать с использованием сети Интернет необходимое информационное обеспечение операций, уже становятся предметами мастер-классов. Второй существенный факт — активная работа по поиску и внедрению в медицинскую практику самых передовых диагностических методов и средств, то есть инициатива, идущая со стороны учёных, имеющих клиническую практику, практикующих врачей. Именно такая работа является визитной карточкой коллектива сотрудников НИИ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. Для практикующей клиники столь обширная исследовательская деятельность — очень редкое явление, и тем оно ценнее.

В.Я. Панченко также рассказал об одном из направлений совершенствования нейрохирургической практики — создании не только биосовместимых, но и биodeградируемых материалов. Для этого используется, в частности, упомянутая в докладе отечественная технология — стереоли-

тография, представляющая собой безусловное достижение академической науки. Другие методы — селективное лазерное спекание биосовместимых нанопорошков и работа с различными смесями, содержащими полилактиды и сахараиды, которые при определённом насыщении плюропатентными клетками могут способствовать развитию и росту нужных тканей. Подобные исследования проводятся в возглавляемом В.Я. Панченко Институте проблем лазерных и информационных технологий РАН, где функционирует отдел, фактически напрямую взаимодействующий с НИИ нейрохирургии.

Тему конвергенции различных исследований и дисциплин поднял в своём выступлении академик **И.А. Щербаков**. Хотя сам термин “конвергенция” вошёл в научный оборот сравнительно недавно, маркируемые им процессы взаимопроникновения методов, изысканий и целых областей научного знания стали возникать намного раньше. В Институте общей физики им. А.М. Прохорова РАН (ИОФ) работы такого рода начали проводиться сразу после появления первых лазеров, то есть в 1960–1970-х годах, а сегодня подобные исследования отличаются большим разнообразием направлений, включая и то, которое осваивается во взаимодействии с НИИ нейрохирургии. Одним из результатов многолетнего сотрудничества, в ходе которого физики и врачи смогли заговорить на одном языке, является становление в России фотодинамической терапии.

Академик **М.В. Угрюмов** напомнил, что Н.Н. Бурденко, один из создателей Российской академии медицинских наук и НИИ нейрохирургии, носящего его имя, отстаивал идею о необходимости развивать нейрохирургию по трём направлениям: клинико-физиологическому, клинико-морфологическому и клинико-биохимическому. Хотя сейчас терминология изменилась, как и понимание многих феноменов и процессов, современное состояние нейрохирургии подтверждает верность предложенной Н.Н. Бурденко стратегии развития этой области медицинской науки и практики. Оно иллюстрирует верность слов также и академика Л.А. Орбели, утверждавшего, что при всех достижениях экспериментальных моделей и исследований нет лучшей модели, чем патология. При этом он имел в виду преимущественно патологию мозга, которая “выключает” какие-то его отделы, позволяя таким образом изучать их функции.

Заявленный Л.А. Орбели принцип реализовывался в деятельности крупнейших учёных, работавших в 1950–1960-е годы в НИИ нейрохирургии, а также выдающихся специалистов в области нейрофизиологии, физиологии движений, морфологии, психологии и др. Все они обращались к

тому уникальному материалу для изучения работы мозга, который накапливался в стенах института, и именно это, по мнению М.В. Угрюмова, привело к выдающимся результатам. Так, академик В.С. Гурфинкель занимался моделированием протезов и одним из первых заговорил о робототехнике, а А.Р. Лурия внёс столь существенный вклад в психологию, что его работы до сих пор цитируются в мировой литературе не меньше, если не больше, чем работы И.П. Павлова.

М.В. Угрюмов обратил внимание и на ту определяющую роль в развитии нейрохирургии, которую играет технологический прогресс. В докладе эта зависимость была замечательно отражена, в частности, на примере разных видов томографии, которые, что важно, дополняют друг друга: если магнитно-резонансная реализует микроанатомический подход, то позитронно-эмиссионная позволяет изучать клеточно-молекулярные механизмы работы мозга.

Однако на фоне блестящего прошлого и нынешних достижений имеются обстоятельства, вызывающие у М.В. Угрюмова серьёзные опасения по поводу будущего российской нейрохирургии и российской науки в целом — это практически полное отсутствие отечественного оборудования в научно-исследовательских лабораториях и медицинских учреждениях. Причины очевидны: разрушение в 1990-е годы прикладной и отраслевой науки, в результате которого разработки академических институтов остаются нереализованными на уровне серийного производства. Российская академия медицинских наук в этом отношении оказалась в более выигрышном положении, сохранив как фундаментальные, так и клинические институты. Это позволяет без длительных задержек применять фундаментальные знания, в частности, создавая на их основе новые технологии в области медицинской практики.

В заключение М.В. Угрюмов подчеркнул, что из общения с зарубежными коллегами и опыта участия в различных международных встречах, конференциях и саммитах крупных организаций становится очевидным: неврологическая и нейрохирургическая проблематика и в целом все исследования, так или иначе связанные с мозгом и его функционированием, составляют сегодня одно из главных направлений научного поиска. Свидетельством тому является, например, ситуация в США, где в 2013 г. впервые за последние 10 лет бюджет Национального института здоровья (аналог отечественной РАМН) не был в очередной раз увеличен, а, напротив, подвергся сокращению на 1.5 млрд. долл., но, несмотря на это, бюджет исследований мозга в 2014 г. вырос на 800 млн. долл. с предполагаемым ростом в последующие годы.

Разговор о дефиците оборудования отечественного производства продолжил на примере уже упомянутой методики фотодинамической терапии член-корреспондент РАН **Г.Н. Ворожцов**, генеральный директор Государственного научного центра “НИОПИК”. Он продемонстрировал присутствующим прайс-лист приборов, созданных в ИОФ РАН и поступивших не только на российский, но и на международный рынок, а также отечественных препаратов, за последние 20 лет прошедших непростой путь от первоначальной разработки до выхода на рынок в качестве лекарственных средств, выдержавших все необходимые клинические испытания. Помимо этого, в области фотодинамики отечественными разработчиками зарегистрировано около 150 патентов, часть которых — международные. Поэтому, заключил Г.Н. Ворожцов, хотя ущерб, нанесённый прикладным исследованиям в постсоветский период, действительно огромен, они по-прежнему ведутся.

Г.Н. Ворожцов также привлёк внимание к роли химических исследований и разработок в развитии нейрохирургии. Это прежде всего создание относительно дешёвых отечественных аналогов зарубежных препаратов и оригинальных средств лечения и диагностики. Так, фотодинамика позволяет, используя определённое химическое соединение, имеющее сродство с данным типом ткани, обозначать границы опухоли. Поэтому создание набора препаратов для разных типов тканей позволит существенно расширить возможности фотодинамической терапии и диагностики. Ещё одна область исследований — обеспечение магнитно-резонансной томографии более эффективными диагностическими агентами. В частности, разработка, основанная на синтезе аминолевулиновой кислоты с метками стабильного изотопа углерода, по расчётам, позволит в 10 тыс. раз повысить чувствительность метода МРТ. Перспективным для нейрохирургии, по мнению Г.Н. Ворожцова, является каталитическая терапия. Она предполагает введение пациенту двух неактивных и безвредных для организма веществ, которые, концентрируясь в опухолях, вызывают гибель раковых клеток. В русле этого направления сегодня, в частности, ведутся клинические испытания терафала.

Успех подобных исследований, отметил Г.Н. Ворожцов, зависит от продуктивности совместной работы различных организаций — академических институтов, учреждений, ориентированных на прикладные разработки, и клинических учреждений. Наиболее плодотворным способом организации такой работы является проведение исследований по единым, интегрирующим деятельность специалистов из нескольких областей

программам, в идеале имеющим статус федеральных целевых. Г.Н. Ворожцов выразил уверенность, что объединённая Академия наук должна быть как минимум инициатором, а как максимум руководителем таких программ.

Доклад академика А.А. Потапова выполняет две основные функции, демонстрируя, во-первых, хороший уровень российской медицины, а во-вторых, значение для решения медицинских задач академических экспериментальных исследований, отметил академик **А.И. Григорьев**. Цель, на достижение которой направлены эти исследования, — забота о здоровье человека. За последние годы вопросам медицины были посвящены две научные сессии Общего собрания РАН — в 2003 г. (“Наука — здоровью человека”) и в 2009 г. (“Мозг: фундаментальные и прикладные проблемы”). На сессии в 2009 г. обсуждался обширный комплекс задач, связанных с изучением мозга. За несколько прошедших лет их актуальность не уменьшилась. В частности, об остроте проблемы противодействия различным патологиям говорят следующие цифры: ежегодно в России фиксируются 400 тыс. инсультов, причём они всё чаще поражают не только пожилых, но и достаточно молодых людей. А в такой высокотехнологичной стране, как США, статистика фиксирует 4 млн. пациентов с нарушениями двигательных функций, то есть с одним из возможных результатов нарушения работы нервной системы.

Несмотря на тот факт, что в академии уделяется много внимания решению названных и иных проблем медицинской науки, нельзя закрывать глаза на обстоятельства, в отношении которых говорить о положительной динамике не приходится. Главное беспокойство у А.И. Григорьева вызывает ощутимый дефицит отечественного оборудования, технологий, диагностических и терапевтических методов и препаратов, не преодолеваемый за счёт достижений, упоминавшихся в выступлениях участников дискуссии. Целый ряд разработок, доведённых до стадии опытных образцов, не может быть тиражирован, поскольку приборостроение как отрасль было разрушено в стране повсеместно, и ситуация в структурах Российской академии медицинских наук не намного лучше общего положения. Ежегодно в рамках программы Президиума РАН “Фундаментальная наука — медицине” представляется порядка 15 инновационных разработок, но на их дальнейшее продвижение у академии нет средств — имеющегося финансирования едва хватает на внедрение одной-двух разработок, подчеркнул А.И. Григорьев. На всех уровнях звучат призывы использовать инновационные решения и продукты, но финансирование, выделяемое государством и бизнесом, явно не соответствует выдвигаемой задаче.

А.И. Григорьев согласился с Г.Н. Ворожцовым, что учреждение целевой программы, ориентированной на преодоление сложившейся ситуации, действительно могло бы принести положительные результаты. Но, насколько ему известно, инициаторами федеральных целевых программ могут выступать только органы исполнительной власти, то есть министерства. Вместе с тем у академии остаются программы Президиума РАН, и на них надо сосредоточить внимание и усилия, чтобы не потерять тот задел, который уже имеется, и продолжать обеспечивать если не внедрение в производство, то хотя бы разработку новых продуктов. Сегодня эти программы должны изменяться с учётом вхождения в состав РАН Российской академии медицинских наук и Российской академии сельскохозяйственных наук, но, главное, они должны оставаться делом академии, а не иных институций, например, Федерального агентства научных организаций.

Академик **В.Е. Фортов** поддержал идею организации в рамках объединённой академии проекта, направленного на развитие исследований, связанных с медициной. Это соответствует мировым тенденциям, ведь сейчас все развитые страны стремятся к получению передовых результатов в этой области. Как отметил президент РАН, получена принципиальная поддержка относительно таких инициатив со стороны министра здравоохранения РФ В.И. Скворцовой. Вместе с тем не может не вызывать опасений предстоящая реформа здравоохранения, поскольку неясно, как она отразится на проведении научно-исследовательской работы в клинических учреждениях.

*Материалы обсуждения подготовила к печати кандидат философских наук С.В. ПИРОЖКОВА, Институт философии РАН
pirozkovasv@gmail.com*

ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

DOI: 10.7868/S0869587315010053

Наукометрическая оценка сегодня является неотъемлемой частью как практики внутреннего управления научными учреждениями, так и системы оказания финансовой поддержки со стороны государства и частного сектора. Учёные при этом по-разному относятся к наукометрии и её использованию для определения эффективности научной деятельности — от резкого неприятия до (значительно реже) готовности вносить предложения по корректировке наукометрического инструментария и практики его применения. Этой стратегии придерживается автор публикуемой статьи. Выявляя недостатки имеющихся индикаторов, он показывает, как можно сделать их более адекватными тем задачам, ради решения которых они разрабатываются.

ОБ ИНДЕКСАХ ЦИТИРОВАНИЯ НАУЧНЫХ РАБОТ

А.С. Холодов

С появлением современных информационных технологий, в частности мощных поисковых систем, огромные объёмы накопленных ранее и вновь создаваемых научных знаний стали доступны для весьма широкой аудитории — постоянно расширяющегося круга пользователей. В то же время обострилась проблема систематизации информации, что вызвало рост интереса к наукометрии [1]. Предпринимаются попытки количественной оценки значимости отдельных работ, ранжирования авторов и авторских коллективов в соответствии с различными количественно обобщаемыми показателями. Прежде учёный вёл личный список печатных (иногда и рукописных) работ в виде так называемой формы 4, заверяемой учёным секретарём организации-работодателя и использовавшейся в достаточно ограниченном масштабе — при аттестации, переводе на новую научную должность, защите диссертаций и т.п. Сейчас гораздо большая по объёму информация (включая значения числа цитирований из разных поисковых систем, всевозможные индексы цитирования и импакт-факторы) всё более ак-

тивно используется работодателями, в том числе для оценки эффективности труда научных сотрудников.

В настоящей статье будут рассматриваться показатели, связанные с числом цитирований публикаций. Число цитирований работы в определённой мере отражает её значимость, но нет оснований для абсолютизации данного критерия, напротив, в литературе приводится множество аргументов в пользу его недостаточности для адекватного отражения научной ценности той или иной публикации. В связи с этим возникает проблема полноты и достоверности наукометрических данных, предоставляемых информационными системами, а также объективности используемых критериев, без которых эти системы оказываются малоэффективными, не описывая положение в соответствующей области знания, а искажая реальную ситуацию.

Несовершенство систем, опирающихся исключительно на количественную оценку научной деятельности, не только стало предметом предметного обсуждения (см. работы [2–12] и цитируемую в них литературу), но и было зафиксировано в решениях регулирующих научную деятельность органов ряда стран [13]. Опыт таких решений рассматривался, например, в докладе академика А.Н. Паршина на заседании Отделения математических наук РАН 10 сентября 2013 г. [14]. Несмотря на это, внедрение подобных систем в нашей стране только ускоряется, что ставит перед научным сообществом страны задачу по крайней мере сгладить негативные последствия данного процесса. Для этого, в частности, необходимо расширить возможности авторов контролировать действия автоматизированных



ХОЛОДОВ Александр Сергеевич — член-корреспондент РАН, директор Института автоматизации проектирования РАН.
xolod@cres.mipt.ru

систем (точнее их разработчиков и коммерческих структур, работающих в этом виде бизнеса). Следует двигаться в направлении совершенствования инструментария такого контроля, увеличения его удобства. Положительным примером может служить система работы с персональными профилями авторов Google Scholar, в которой, в отличие от аналогичной системы Web of Science (WoS), помимо функций “добавить”, “удалить” и “экспортировать”, есть функция объединения ссылок, позволяющая исправлять ошибки, часто встречающиеся в списках литературы цитирующих работ. Но и Google Scholar нуждается в функциональном дополнении, а именно, в предоставлении авторам возможности подсказывать системе (ссылкой на цитируемую и цитирующую работы) пропущенные ею цитирования. Такие нововведения послужили бы стимулом для разработчиков систем цитирования обрабатывать большее количество баз данных и позволило бы существенно повысить достоверность поисковых результатов. Отмечу, что в большинстве других систем редактирование персональных профилей авторами либо вообще не допускается (Scopus), либо крайне затруднено (e-Library).

Вместе с тем важен контроль над теми авторами, которые искусственно создают высокие значения числа цитирований собственных публикаций (организация перекрёстных ссылок, ссылки на собственные работы, не соответствующие содержанию публикуемой статьи, и др.). Например, следует ограничить долю ссылок на собственные работы от общего списка литературы 10–15% или не учитывать в системах цитирования ссылки, превышающие этот лимит.

Вопрос о допустимом количестве самоцитирований — лишь один из требующих принятия договорённости в научном сообществе. В целом культура научного цитирования оставляет желать лучшего и со временем всё более ухудшается. Так, в работе [15] один из разделов носит название “Аппроксимация Годунова и главные результаты”, однако среди 28 ссылок в списке литературы нет ни одной на работы создателя рассматриваемого метода С.К. Годунова. Имена авторов многих основополагающих научных результатов со временем становятся нарицательными, и считается, что на их работы можно не ссылаться (в случаях, когда говорится о законах Архимеда или Ньютона, уравнениях Эйлера, теории относительности Эйнштейна, проблемах Гильберта, теореме Годунова и т.д.). Не стоит ли подобные упоминания результатов автора также включать в перечень его цитирований? Технически это не сложно, вопрос только в том, к каким работам автора относится цитирование такого рода, и это опять-таки вопрос договорённости в научном сообществе. Предлагаемое расширение понятия “цитирова-

ние” было бы более объективной характеристикой вклада автора в науку, тогда как сейчас, например, по запросу “Isaac Newton”, а тем более “Исаак Ньютон”, любая из систем цитирования выдаст отнюдь не рекордные числа. Существующие проблемы с учётом самоцитирований и не подкреплённых соответствующими ссылками упоминания авторов указывают на необходимость совершенствования систем цитирования научных работ.

Добавлю, что, кроме предоставления учёным возможности отслеживать наукометрическую статистику и способствовать её формированию, представляется необходимым полностью исключить учёт такого чисто издательского и никак не влияющего на научную значимость опубликованной работы параметра, как импакт-фактор журнала. Использование импакт-фактора приводит к завышению значимости слабоцитируемых работ за счёт высокоцитируемых. Именно поэтому британские методы оценки научной деятельности опираются на изложенное в решении Комитета по науке и технологиям Палаты общин британского парламента от 2004 г. требование не использовать импакт-фактор журналов при оценке научных работ. Публикующийся в престижном журнале автор и без того получает немалые предпочтения благодаря более широкой по сравнению с журналами, отличающимися низкими импакт-факторами, читательской аудитории. Аналогичная диспропорция возникает между публикациями в национальных и англоязычных журналах, располагающих большей по численности аудиторией. Преимущество англоязычных публикаций нивелируется, и то лишь частично, если статья выходит в свет в национальном журнале, имеющем англоязычную версию.

Заслуживает внимания и значительный разброс значений наукометрических параметров: иногда показатели одного и того же автора в различных информационных системах отличаются даже не в разы, а в десятки раз [16]. В качестве примера в таблице 1 приведены данные (на 15 января 2014 г. [17]), касающиеся автора настоящей работы, заимствованные из разных претендующих на универсальность систем цитирования. Подобная ситуация является не исключительной, а достаточно распространённой и служит ещё одним доказательством низкого качества систем, использование которых, в частности в нашей стране, активно лоббируется на весьма высоком уровне. Полагаю, в существующих условиях необходимо предоставить авторам во всех затрагиваемых их интересы случаях самим выбирать устраивающую их систему цитирования. Такая практика неизбежно приведёт к большей унификации различных систем, их упорядочиванию и решению имеющихся в данной области проблем.

Таблица 1. Показатели публикационной активности А.С. Холодова в различных информационных системах

Информационная система	Общее число работ, R_0	Число работ, процитированных хотя бы один раз, R	Общее число цитирований, C_Σ	Среднее число цитирований одной работы	Среднее число цитирований одной цитировавшейся работы, C_s	h -индекс	Число работ, процитированных не менее 10 раз (индекс I_{10})
Google Scholar	200	68	737	3.7	10.8	14	20
e-Library	66	54	417	6.32	7.72	8	7
РИНЦ	28	—	42	1.5	—	—	—
Scopus	32	—	16	0.5	—	3	—
Web of Science	16	12	23	1.4	1.92	2	1

Различные индексы цитирования. Формирование индекса на базе системы основных параметров функции цитирования. Появившиеся в последние годы разнообразные индексы цитирования научных работ базируются на тех или иных параметрах и свойствах функции цитирования $C(r)$ — зависимости числа цитирований C_r работ с номерами r , расположенных в порядке уменьшения C_r от $C_{\max} = C_1 = C(1)$ до $C_{\min} = C(R+1) = 0$. В промежутках между целочисленными значениями r в данной работе используется линейное восполнение функции $C(r)$ по целочисленным её значениям C_r . Сразу следует оговориться, что работы с номерами $(R+1, \dots, R_0)$, не имеющие ни одного цитирования, целесообразно не учитывать при расчётах, чтобы можно было работать с содержательной частью функции $C(r)$ и не поощрять любителей публиковать большое число малозначимых работ. Здесь R_0 — общее число работ автора, а R — число работ, цитировавшихся к рассматриваемому моменту хотя бы один раз. Достойные, то есть представляющие научную ценность работы со временем, хотя и весьма разным для разных областей знания, пополняют список цитируемых работ автора, в то время как некоторые (к ним в основном относятся тезисы докладов на конференциях) не удостоиваются цитирования даже самими авторами.

В соответствии с приведённым определением, $C(r)$ представляет собой монотонно убывающую функцию на отрезке $[1, R]$. Примеры таких функций представлены на графиках (рис. 1, а, б, в; 2) ломаными линиями и демонстрируют, что их объективное сопоставление друг с другом является, в отличие от того, как это предлагается во всех существующих системах и алгоритмах расчёта различных индексов цитирования, далеко не тривиальной задачей. Для монотонно убывающей функции действительного аргумента $C(r)$, помимо минимального и максимального значений в области её определения, большой интерес представ-

ляют легко вычисляемые интеграл $C_\Sigma = \sum_{r=1}^R C_r$ и среднее значение $C_s = C_\Sigma / R$, которые играют важную роль при использовании различных функций статистических распределений.

Некоторые из определяющих поведение функции $C(r)$ параметров — R_0 , R , C_Σ , C_{\max} , C_s — независимо друг от друга используются в качестве индексов цитирования в существующих системах. Кроме них в качестве индексов цитирования применяются:

- число цитирований 10 наиболее цитируемых работ автора C_{10} (использовалось, например, в конкурсном отборе ведущих учёных [18]);
- число работ, процитированных не менее 10 раз I_{10} (используется в системе цитирования Google Scholar [19]);
- число авторов, общее число цитирований C_Σ у которых более 1000 [10];
- индекс Хирша (h -индекс) [20];
- различные модификации индекса Хирша, в частности индекс, предложенный Л. Эггом (g -индекс) [21], и m -индекс, рассчитывающийся по формуле $m = h/n$ и учитывающий разность n между текущим возрастом автора и его возрастом в момент первой публикации [20].

Приведённый перечень можно было, по всей видимости, дополнить рядом других менее известных индексов, основанных на учёте числа цитирований. Появление стольких вариантов индексов связано с попытками определить рейтинг учёного или авторских коллективов посредством одного количественного параметра, а это, как отмечалось выше, является довольно сложной задачей. Наиболее популярен сейчас h -индекс: точка пересечения с функцией $C(r)$ прямой $C = r$, исходящей из начала координат ($r = 0$, $C = 0$) под углом 45° к оси абсцисс, то есть точка, в которой номер работы r и число её цитирований C_r связаны неравенством $r \leq C_r$, а для следующей работы $R+1 > C_{r+1}$. В g -индексе для усиления влияния

наиболее цитируемых работ прямая $C = r$ заменяется параболой $C = r^2$.

При рассмотрении математического смысла индексов цитирования возникает целый ряд вопросов: почему определяющим оказывается угол, равный 45° , а не 0° (что будет соответствовать числу цитируемых работ R) или не 90° (отображение максимального числа цитирований C_{\max}), почему используется равенство $C = r^2$, а не $C = r^3$, почему в качестве показателя принимается число работ, процитированных не менее 10 раз, а не число работ, процитированных не менее 100 раз и т.д.? Более естественным и плодотворным шагом представляется не брать за основу отдельные значимые параметры функции $C(r)$, а попытаться свести их все воедино, например, учитывая значения R , C_Σ , C_s непосредственно и C_{\max} косвенно. Для этого в алгоритме расчёта индекса Хирша вместо прямой $C = r$ используем прямую $C = C_s r = C_\Sigma r / R$. Назовём этот индекс Kh_1 -индексом. По сложности вычисления он практически не отличается от h -индекса, а качество представления функции $C(r)$, то есть оценку распределения цитирований, должен обеспечивать гораздо лучше, поскольку в той или иной степени учитывает практически все значимые параметры распределения.

Вместе с тем следует иметь в виду, что если у автора есть возможность, редактируя собственный профиль, уменьшать число малоцитируемых работ, то это будет приводить к увеличению значения C_s (при $R = 1$ до C_{\max}), а значит, к соответствующему росту Kh_1 -индекса. Для того чтобы при необходимости (в случае, когда автор получает широкие полномочия по редакции своего индивидуального профиля в данной информационной системе) исключить влияние параметра R , можно использовать индекс $Kh_2 = \sqrt{C_\Sigma}$, который для заданного общего числа цитирований C_Σ является максимально допустимым значением индекса Хирша (как если бы C_Σ состояло из $R = Kh_2$ работ, у каждой из которых было бы одинаковое и равное Kh_2 число цитирований). Этот экзотический пример свидетельствует о том, что ставший наиболее популярным h -индекс есть только мера отклонения реального распределения $C(r)$ от сформулированного автором данного индекса идеала. Но вот идеален ли идеал — это большой вопрос. Как неоднократно отмечалось, одним из наиболее существенных недостатков индекса Хирша является невозможность различить при его использовании авторов, имеющих R работ, процитированных по одному разу, и авторов, имеющих одну работу, процитированную R раз — у первых и у вторых h -индекс равен единице, что

в R раз меньше предельного для описанного выше специального распределения с $C_\Sigma = R^2$. Тем не менее, поскольку экзотические распределения, состоящие лишь из одной высокоцитируемой работы вряд ли возможны (если не создавать подобные ситуации искусственно), опасения, связанные с чрезмерным влиянием C_{\max} при использовании Kh_1 , представляются несостоятельными. При этом для молодых учёных значения $Kh_1 = C_{\max}$ вполне допустимы из-за не очень высоких значений максимального числа цитирований их работ.

Kh_1 -индекс всегда больше h -индекса и совпадает с ним только в предельном случае цитируемых по одному разу всех R работ. Другое предельное значение Kh_1 -индекса равно C_{\max} при $R = 1$. Если ввести ещё один вариант предлагаемого индекса — индекс Kh_3 , определяемый аналогично Kh_1 , но с использованием прямой $C = r\sqrt{C_\Sigma}$, можно совместить максимально возможные значения индекса $Kh_3 = h = R$ и h -индекса при заданном $C_\Sigma = R^2$ и одинаковых значениях числа цитирований каждой из R работ: $C(r) = C_{\max} = R = \text{const}$. Эта версия индекса (как и индексы Хирша и Эгга) позволяет исключить влияние параметра R , допускающего различные манипуляции в системах цитирования с доступом автора к списку цитируемых работ, который, как отмечалось выше, объективно необходим для большей достоверности функции цитирования $C(r)$.

Сравнение различных индексов цитирования. Для сопоставления рассмотренных индексов цитирования были использованы обезличенные данные конкретных авторских профилей открытого доступа Google Scholar (как наиболее информативной и наименее ангажированной системы) на 18 июня 2013 г. [17]. Некоторые результаты этих сопоставлений представлены на графиках (см. рис. 1, а, б, в) и в таблицах 2–4. Использованные данные относятся к коллективу из 30 авторов в возрасте от 27 до 84 лет, большинство из которых работает в одном из подразделений российского научно-образовательного учреждения — Московского физико-технического института. Эта выборка невелика, но вполне представительна для направления, связанного с математическим моделированием достаточно широкого круга задач, охватывающих теорию численных методов, вычислительную механику (включая аэрогазодинамику, механику деформируемого твёрдого тела и сейсродинамику, медицинскую макромеханику и биологическую микромеханику), вычислительную физику (в том числе физику технической и ионосферно-магнитосферной плазмы и астрофизику), функционирование различных сетевых систем (в частности, вычислительные модели различных сетей человеческого организма, транс-

портных, электроэнергетических, информационных сетей) и другие области научного поиска и технических разработок.

Сравниваемые наукометрические параметры изменяются для рассматриваемого коллектива в весьма широких диапазонах: по общему числу работ — от 1 до 239, по числу цитируемых работ — от 1 до 142, по общему числу цитирований C_Σ — от 2 до 4559, по максимальному числу цитирований одной работы C_{\max} — от 2 до 2589, по среднему числу цитирований одной работы C_s — от 1.8 до 51.8. Поскольку при таком значительном разбросе значений их довольно сложно представить на одном графике, было сформировано три подгруппы. Первая включает условно “высокоцитируемых” авторов с максимальным числом цитирований от 106 до 2589 (средний возраст 63 года), вторая — “среднецитируемых” с наибольшим значением C_{\max} от 12 до 97 (средний возраст 62 года), третья — “малоцитируемых” авторов, в основном молодых научных сотрудников, с C_{\max} от 2

до 13 (средний возраст 39 лет). В соответствии с этой разбивкой пронумерованы функции цитирования: 1.1–1.5, 2.1–2.13, 3.1–3.12 соответственно. Нумерация функций цитирования в пределах каждой подгруппы проведена в порядке убывания C_{\max} , в таблицах 2–4 функции цитирования также расположены по убыванию C_{\max} . Очевидно, что при выборе вместо C_{\max} другого критерия ранжирования авторов их взаимное расположение внутри таблиц изменилось бы довольно существенно. На графиках (см. рис. 1, а, б, в) функции цитирования $C(r)$ каждого автора изображены ломаными линиями с указанием соответствующего номера функции цитирования. Индексы цитирования каждого автора представлены как точки пересечения с функциями цитирования $C(r)$ прямых: $C = r$ — для h -индекса (треугольники), $C = C_s r$ — для Kh_1 -индекса (квадраты), $C = \sqrt{C_\Sigma}$ и $C = r\sqrt{C_\Sigma}$ — для индексов Kh_2 и Kh_3 (чёрные и светлые кружки соответственно). Для некоторых функций цитирования (при относительно

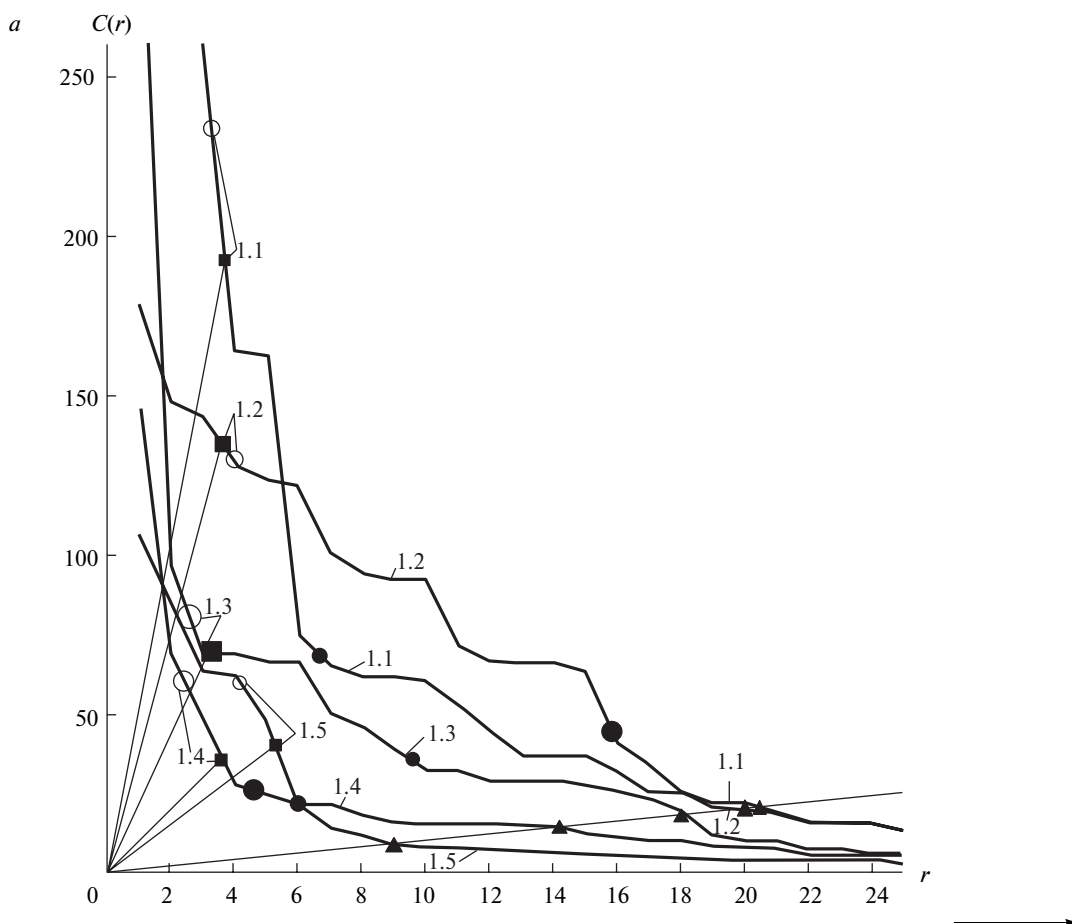


Рис. 1. Показатели публикационной активности авторов с максимальным числом цитирований $106 \leq C_{\max} \leq 2589$ (а), $12 \leq C_{\max} \leq 97$ (б) и $2 \leq C_{\max} \leq 13$ (в)

Ломаные линии — функции цитирования; значение каждого индекса цитирования показано: для h -индекса — треугольниками, для Kh_1 -индекса — квадратами, для Kh_2 -индекса — чёрными кружками, для Kh_3 -индекса — светлыми кружками

малых C_{\max} и больших C_{Σ}) Kh_2 -индекс может принимать значения, превышающие C_{\max} .

Анализ этих данных подтверждает, что игнорирование почти во всех системах максимального числа цитирований C_{\max} является ошибочным. Частично, хотя и довольно слабо, он учитывается в C_{10} , ещё слабее влияет на C_s . В качестве примера

из вычислительной механики можно привести наиболее цитируемую работу ($C_{\max} = 2589$) автора, к которому относится распределение 1.1 (рис. 1, а, табл. 2), — выдающегося учёного, одного из основоположников современной вычислительной математики, в начале 1950-х годов создавшего уникальный численный метод для решения нелинейных систем уравнений гипер-

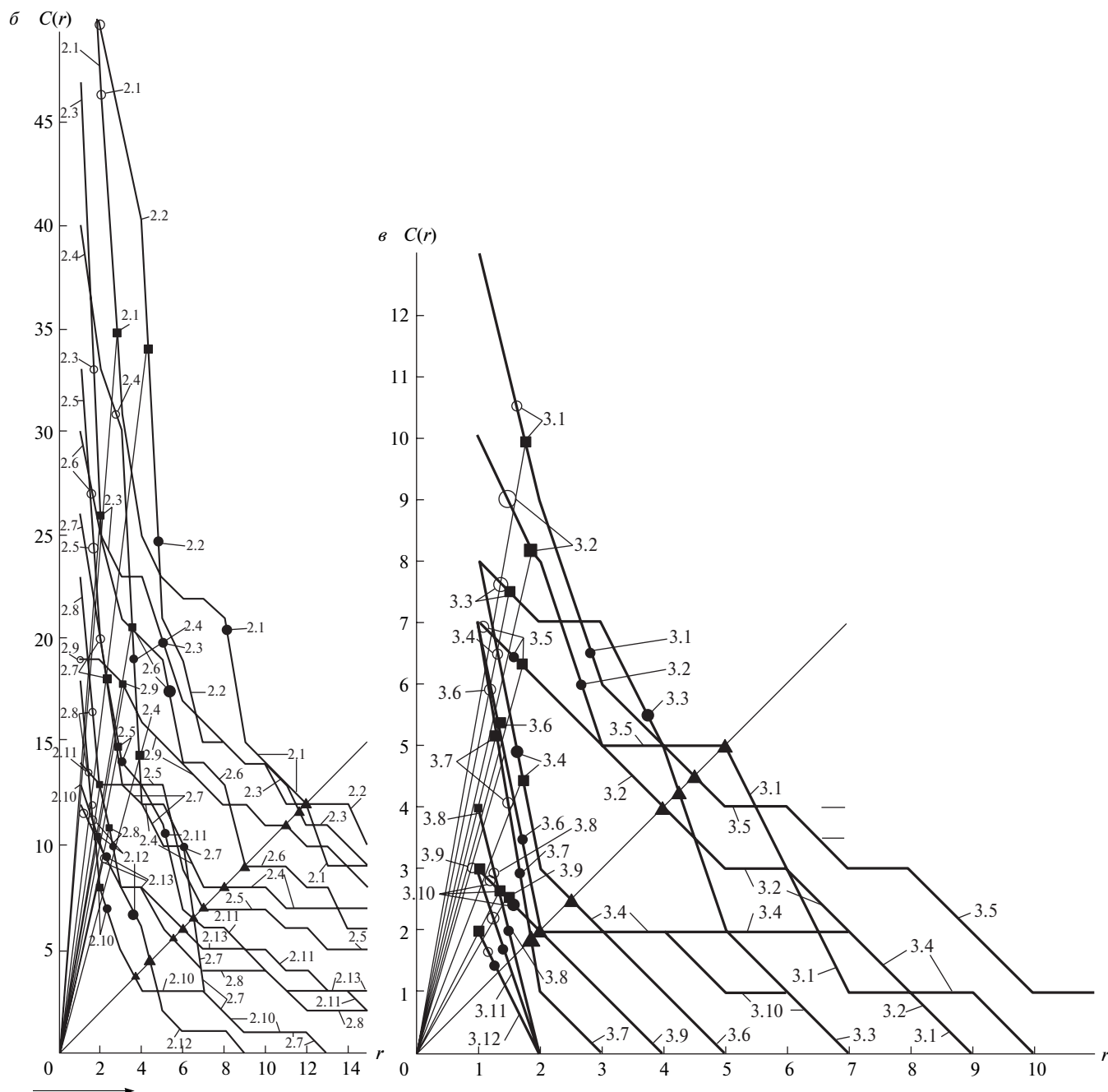


Таблица 2. Показатели публикационной активности авторов с максимальным числом цитирований $106 \leq C_{\max} \leq 2589$

№ рас- преде- ления	Общее число работ, R_0	Число работ, процито- рован- ных хотя бы один раз, R	Общее число цитиро- ваний, C_{Σ}	Число ци- тирований десяти наиболее цитируе- мых работ, C_{10}	Макси- мальное число цитиро- ваний, C_{\max}	Среднее число цитиро- ваний, C_s	h - индекс	g - индекс	m - индекс	I_{10} - индекс	Kh_1 - индекс	Kh_2 - индекс	Kh_3 - индекс
1.1	239	88	4559	3853	2589	51.8	20	49	0.3	35	191	67.5	225
1.2	105	51	1875	1220	178	36.8	20	81	0.7	27	133	43.3	130
1.3	77	59	1218	855	318	20.6	18	49	0.8	21	69.0	34.9	80
1.4	198	67	682	407	145	10.2	14	16	0.3	18	36.2	26.1	60
1.5	115	49	467	334	106	9.53	9	16	0.3	8	40.0	21.6	60
Итого	734	314	8801	6669	2589	28.0	39	123	—	109	160	93.8	262

Таблица 3. Показатели публикационной активности авторов с максимальным числом цитирований $12 \leq C_{\max} \leq 97$

№ рас- преде- ления	R_0	R	C_{Σ}	C_{10}	C_{\max}	C_s	h - индекс	g - индекс	m - индекс	I_{10} - индекс	Kh_1 - индекс	Kh_2 - индекс	Kh_3 - индекс
2.1	61	37	465	347	97	12.6	12	16	0.75	12	34.8	21.6	49.6
2.2	132	78	614	252	74	8	12	16	0.24	16	34.0	24.8	46.2
2.3	154	28	385	212	47	13.7	11	16	0.41	14	26.0	19.6	33.0
2.4	164	72	366	137	40	5.08	8	9	0.15	6	14.3	19.1	29.9
2.5	103	42	213	129	33	5.1	7	9	0.24	5	14.7	14.6	24.3
2.6	89	49	318	174	30	6.5	9	16	0.37	8	20.5	17.8	27.0
2.7	27	12	99	88	25	8.25	6	9	0.86	6	18.3	9.9	19.8
2.8	29	22	98	76	23	4.5	5	4	0.11	5	10.8	9.9	16.5
2.9	198	142	789	165	19	5.6	11	16	0.20	12	17.8	28.1	19.0
2.10	38	12	49	47	18	4.1	3	4	0.06	1	10.5	7.0	12.0
2.11	36	18	113	93	14	6.3	6	9	0.35	5	13.0	10.6	13.9
2.12	13	8	47	47	13	5.9	4	4	0.09	2	10.5	6.8	11.2
2.13	83	21	93	70	12	4.4	6	4	0.27	2	9.5	9.6	11.6
Итого	1127	541	3649	1837	97	6.74	20	33	—	75	38	135	97

Таблица 4. Показатели публикационной активности авторов с максимальным числом цитирований $2 \leq C_{\max} \leq 13$

№ рас- преде- ления	R_0	R	C_{Σ}	C_{10}	C_{\max}	C_s	h - индекс	g - индекс	m - индекс	I_{10} - индекс	Kh_1 - индекс	Kh_2 - индекс	Kh_3 - индекс
3.1	21	8	43	43	13	5.4	5	4	1.75	1	9.8	6.5	10.5
3.2	9	8	36	36	10	4.5	4	4	0.22	1	8.3	6.0	9.0
3.3	21	6	30	30	8	5.0	4	4	0.75	0	7.5	5.5	7.6
3.4	39	9	23	23	8	2.6	2	1	0.05	0	4.4	4.8	6.5
3.5	72	11	41	40	7	3.7	4	4	0.50	0	6.3	6.4	6.9
3.6	13	4	12	12	7	4.0	2	1	0.28	0	5.3	3.5	5.8
3.7	8	2	8	8	7	4.0	1	1	0.14	0	5.2	2.8	4.2
3.8	5	1	4	4	4	4.0	1	1	0.50	0	4.0	2.0	2.8
3.9	87	6	11	11	3	1.8	2	1	0.06	0	2.5	3.3	3.0
3.10	22	3	6	6	3	2.0	2	1	0.05	0	2.5	2.4	2.7
3.11	1	1	3	3	3	3.0	1	1	1.0	0	3.0	1.7	2.4
3.12	3	1	2	2	2	2.0	1	1	0.5	0	2.0	1.4	1.7
Итого	301	60	219	218	13	3.65	7	8	—	2	9	14.8	15

болического типа (уравнений Эйлера) и положившего начало активно развивающемуся и по сей день научному направлению. Указанная работа с описанием предложенного автором метода по ряду причин поступила в редакцию одного из русскоязычных журналов только через несколько лет после того, как он был разработан, — в 1956 г., а опубликована была ещё позже — лишь в 1959 г., причём в периодическом сборнике. Две примерно равноценные линеаризованные версии этого метода (менее ресурсоёмкие по сравнению с оригиналом, но, так же как и оригинал, требующие создания новой модификации метода для каждой новой нелинейной системы уравнений гиперболического типа), разработанные другими авторами и опубликованные в 1980-х годах в англоязычных журналах разных стран, существенно различаются по числу цитирований (одна имеет более 6 тыс. цитирований, а другая — около 100). Более ранняя, более универсальная и менее ресурсоёмкая по сравнению и с оригиналом, и с упомянутой более поздней версией линеаризация, предложенная мною и опубликованная в русскоязычном журнале (имеющем англоязычную версию) в конце 1970-х годов, процитирована 22 раза.

Становится очевидным, что благодаря лишь одной упомянутой работе, получившей 2589 ссылок, учёный, представленный распределением 1.1, заслуживает того, чтобы его индекс цитирования был существенно выше, чем его соседей (распределения 1.2 и 1.3), но значения индекса Хирша у них практически не отличаются. Аналогичным образом обстоит дело и со значениями g -индекса, хотя подобное распределение явно не соответствует реальному рейтингу этих учёных — и по количественным характеристикам (параметры C_Σ , C_s , C_{\max} , индекс C_{10}), и в соответствии с моей экспертной оценкой — а я достаточно хорошо знаю работы всех сопоставляемых авторов. Индексы Kh_1 , Kh_2 и Kh_3 , включающие интегральные характеристики функций цитирования, более объективно отражают реальный рейтинг рассматриваемых авторов (см. рис. 1, а).

Для авторов, включённых во вторую подгруппу и имеющих близкие значения индекса Хирша (с функциями цитирования 2.1–2.3, 2.9 и 2.5, 2.7, 2.11, 2.13 — см. рис. 1, б), Kh_1 -индекс позволяет более объективно детализировать их рейтинг. Несколько выпадают из общей картины данные автора с распределением 2.9. Он имеет самое большое в этой подгруппе общее число цитирований C_Σ , но сравнительно небольшое среднее число цитирований одной работы. Это обусловлено небольшим C_{\max} , а также самым большим значением R . В результате индексы Kh_1 и Kh_3 принимают относительно низкие значения при очень высоком

значении Kh_2 -индекса. Аналогично, низкие в сравнении с их непосредственными соседями значения C_s у авторов, представленных под номерами 2.4, 2.5, 2.8 и 2.10, привели к некоторому снижению относительно соседей их Kh_1 -индексов. Отмеченные исключения являются следствием влияния количества процитированных хотя бы однажды статей и отсутствуют при сравнении индексов Kh_2 и Kh_3 .

Анализ третьей подгруппы (см. рис. 1, в, авторы с функциями цитирования 3.1–3.12) позволяет сделать вывод о полной непригодности индекса I_{10} и g -индекса для малоцитируемых авторов. Данные по третьей подгруппе демонстрируют полную непригодность для всех возрастных категорий m -индекса — достаточно сопоставить m -индекс функции цитирования 1.1 с его значениями в случае остальных распределений. Индекс Хирша для первых четырёх авторов (3.1–3.3, 3.5) изменяется в пределах 4–5, а для всех остальных равен 1–2, что, конечно, не отражает ни их текущий рейтинг, ни их потенциальные возможности. Использование здесь индексов Kh_1 и Kh_3 позволяет, как и в первых двух подгруппах, детализировать текущий рейтинг, что для молодых учёных особенно важно, а также более объективно прогнозировать динамику дальнейшей научной деятельности этих специалистов.

Индексы цитирования авторских коллективов. Для авторских коллективов несложно построить аналогичные индивидуальным функции цитирования $C(r)$ с монотонно убывающим числом цитирований работ, получить все их значимые параметры ($R_0 = \sum_{i=1}^I R_{0i}$, $R = \sum_{i=1}^I R_i$, $C_\Sigma = \sum_{i=1}^I C_{\Sigma i}$, $C_{\max} = \max\{C_{\max i}\}$, $C_s = C_\Sigma/R$) и вычислить соответствующие индексы цитирования (C_{10} , I_{10} , h -индекс, g -индекс, Kh_1 , Kh_2 , Kh_3). Здесь I — число авторов в коллективе. Для сопоставляемых авторских коллективов с функциями цитирования 1.1–1.5, 2.1–2.13 и 3.1–3.12 соответствующие показатели приведены в последних строках таблиц 2, 3, 4, а для объединённого авторского коллектива — в таблице 5, функции цитирования представлены на рисунке 2.

Следует отметить, что в разных системах цитирования для анализа публикационной активности авторских коллективов используются в основном параметры R_0 , R , C_Σ , C_s , а также средние значения числа работ и числа цитирований, приходящихся на одного автора $R_{0a} = R_0/I$, $R_a = R/I$, $C_a = C_\Sigma/I$. Из представленных на графике (см. рис. 2) сопоставлений авторского коллектива, составленного учёными, вошедшими в первую подгруппу (ломаная I), и объединённого коллектива

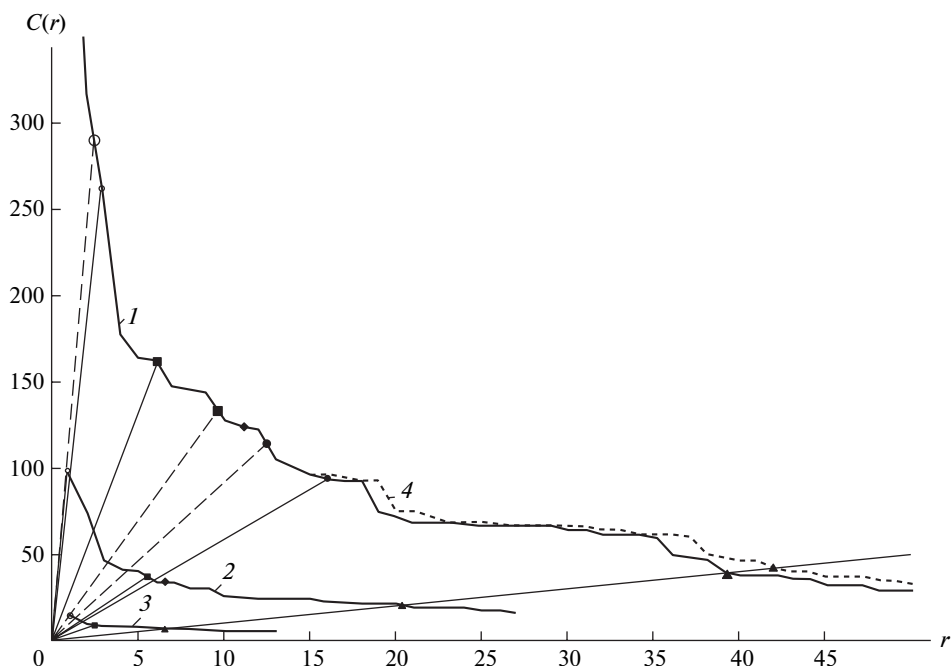


Рис. 2. Показатели публикационной активности объединённого научного коллектива

Сплошные ломаные линии 1, 2, 3 – функции цитирования авторских коллективов, соответствующих трём подгруппам объединённого авторского коллектива (распределения 1.1–1.5, 2.1–2.13 и 3.1–3.12); штриховая ломаная линия 4 – функция цитирования объединённого авторского коллектива. Тонкие сплошные линии относятся к трём подгруппам объединённого авторского коллектива, штриховые линии – к объединённому авторскому коллективу; значение каждого индекса цитирования показано: для h -индекса – треугольниками, для g -индекса – ромбами, для Kh_1 -индекса – квадратами, для Kh_2 -индекса – чёрными кружками, для Kh_3 -индекса – светлыми кружками

(ломаная 4) видно, что функцию цитирования для коллектива, включающего авторов с широким диапазоном количества цитируемых работ и количества цитирований, определяют данные небольшого числа (в рассматриваемом примере 5 из 30) наиболее цитируемых авторов. Данные средне- и малоцитируемых авторов составляют лишь “хвост” объединённой функции цитирования и практически не влияют на h - и g -индексы объединённого коллектива, из-за чего последние не могут служить объективной характеристикой цитируемости таких коллективов. Это принципиально искажает роль средне- и малоцитируемых авторов (в основном средневозрастных и молодых учёных) и реальный потенциал научных коллективов. В нашей стране отсутствие учёных среднего и младшего поколений, частью уехавших за рубеж, частью ушедших в коммерческие структуры, до сих пор заметно сказывается на составе научных коллективов.

Индексы Kh_1 , Kh_2 и Kh_3 позволяют учесть влияние средне- и малоцитируемых авторов, однако оно проявляется по-разному. Увеличение общего числа работ (за счёт работ с заметно меньшим количеством цитирований) снижает значение C_s и, соответственно, значение Kh_1 -индекса у объединённого коллектива; Kh_2 -индекс является лишь сопоставимой с h -индексом модификацией параметра C_s и вряд ли подходит в качестве эффективной альтернативы индексам Хирша и Эгга; Kh_3 -индекс, который, так же как h - и g -индекс, не зависит от числа цитируемых работ, является наиболее объективным критерием ранжирования авторских коллективов, в том числе устойчивым к манипулированию параметром R . Возможно, наиболее приемлемым (компромиссным) вариантом было бы использование индекса $Kh = \max\{Kh_1, Kh_2, Kh_3\}$.

В дополнение к рассмотренным выше параметрам индивидуальных и коллективных функций цитирования в таблице 6 приведены анало-

Таблица 5. Показатели публикационной активности объединённого научного коллектива

№ распределения	R_0	R	C_Σ	C_{10}	C_{\max}	C_s	h -индекс	g -индекс	I_{10} -индекс	Kh_1 -индекс	Kh_2 -индекс	Kh_3 -индекс
1–3	2162	915	12669	8724	2589	13.8	42	123	186	132	113	290

Таблица 6. Показатели публикационной активности наиболее цитируемых авторов, работающих в области вычислительной математики

Автор	R_0	R	C_Σ	C_{10}	C_{\max}	C_s	h - индекс	g - индекс	I_{10} - индекс	Kh_1 - индекс	Kh_2 - индекс	Kh_3 - индекс
С. Ошер	633	407	65417	33539	9763	161	93	529	273	1443	256	1760
П. Рое	226	158	14483	10418	6592	91.7	42	145	93	460	120	518
А. Хартен		91	14152	10788	3368	156	35	225	57	710	119	620
Э.Ф. Торо	264	175	9112	5986	3361	52.1	38	100	83	216	95.5	350
Х.Ч. Йи	189	123	6310	4282	1374	51.3	31	100	71	300	79.4	404

гичные данные из профилей открытого доступа Google Scholar для четырёх отличающихся наиболее высокими показателями цитируемости авторов, работающих в области вычислительной математики и представляющих Нидерланды, США и Италию. При помощи данных такого рода (только характеризующих работы нобелевских лауреатов) Дж. Хирш обосновывал использование предложенного им индекса цитирования. Видно, что практически все индивидуальные данные ведущих зарубежных специалистов в области вычислительной математики превосходят параметры анализируемого выше объединённого авторского коллектива и могли бы украсить не только рассматриваемую, но и любую другую научную группу. Однако это не означает, что каждый из них способен заменить работу целого авторского коллектива, весьма разнообразного по тематике исследований, возрастным и другим параметрам, а лишь указывает на то, что сравнения следует проводить только внутри референтных групп. Более того, при любом максимально объективном выборе индекса цитирования его использование должно служить лишь дополнением системы экспертной оценки значимости работ автора, хотя и обязательным, поскольку случаи необъективных, в том числе ангажированных, экспертных оценок не так уж редки*. Сегодня же проведению научных исследований угрожает чрезмерное увлечение оценением эффективности деятельности учёных, исходя исключительно из наукометрических показателей [22, 23].

*В приведённом примере с функцией цитирования 1.1, разумеется, работа с максимальным числом цитирований получала экспертные оценки рецензентов, но, скорее всего, ортодоксальные математики того времени не были склонны признавать значимость результата, полученного с использованием тогда только нарождавшейся вычислительной математики, а столь же ортодоксальные механики также не очень доверяли численным расчётам. Автор данной публикации на заре своей научной деятельности был свидетелем подобных баталий.

* * *

Итак, на основании анализа представленных данных можно сделать следующие выводы:

- существенное повышение полноты и достоверности информации требует совершенствования автоматизированных систем цитирования научных работ путём максимального расширения возможностей авторских корректировок с использованием удобного инструментария;
- необходимо ввести на уровне редакционной обработки статей и работы систем цитирования определённые ограничения по количеству самоцитирований и их соответствию содержанию работы, не исключая их полностью;
- следует препятствовать другим, помимо самоцитирования, манипуляциям (неоправданное расширение авторских коллективов, организация перекрёстных цитирований и др.);
- импакт-факторы журналов (ранжирование по типу публикации), являющиеся исключительно издательскими параметрами и не влияющие на значимость научной публикации, должны быть исключены из числа учитываемых параметров;
- необходимо пресекать прямую или косвенную языковую и иную возможную дискриминацию в оценках научных публикаций (исключение из формируемых баз данных неанглоязычных источников или игнорирование их поисковыми и обрабатывающими системами и др.);
- автору должно быть предоставлено право выбора системы цитирования во всех затрагивающих его интересы случаях, в том числе в целях естественной унификации систем цитирования и существенного упорядочивания существующих в данной области проблем;
- необходимо совершенствовать и унифицировать индексы цитирования в направлении большей их объективности, а также проводить сопоставления по этим показателям только внутри отдельных областей знания и возрастных групп.

Автор признателен академику А.Н. Паршину, доклад которого на заседании Отделения математических наук РАН 10 сентября 2013 г. инициировал выполнение исследования, результаты которого представлены в настоящей статье, за полезные замечания при обсуждении темы, а также содержания данной работы.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 13-07-1249, № 14-01-00779 и гранта РНФ № 14-11-00877.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Garfield E.* Citation indexes to science: a new dimension in documentation through association of ideas // *Science*. 1955. V. 122. P. 108–111.
2. *Прайс Д.* Малая наука, большая наука / Наука о науке. М.: Прогресс, 1966.
3. *Адлер Р., Эвинг Д., Тейлор П.* Статистики цитирования // *Игра в цифры, или как теперь оценивают труд учёного (сборник статей о библиометрике)*. М.: МЦНМО, 2012.
4. *Лоуренс П.А.* Потерянное при публикации: как измерение вредит науке // *Игра в цифры, или как теперь оценивают труд учёного (сборник статей о библиометрике)*. М.: МЦНМО, 2012.
5. *Кемпбелл Ф.* Бегство от импакт-фактора // *Игра в цифры, или как теперь оценивают труд учёного (сборник статей о библиометрике)*. М.: МЦНМО, 2012.
6. *Арнольд Д., Фаулер К.* Гнусные цифры // *Игра в цифры, или как теперь оценивают труд учёного (сборник статей о библиометрике)*. М.: МЦНМО, 2012.
7. *Фаддеев Л.Д.* Из интервью журналу “Эксперт” // *Игра в цифры, или как теперь оценивают труд учёного (сборник статей о библиометрике)*. М.: МЦНМО, 2012.
8. *Романовский М.Ю.* Публикационная активность организаций естественно-научного профиля в России и за рубежом // *Вестник РАН*. 2010. № 2.
9. *Бедный Б.И., Сорокин Ю.М.* О показателях научного цитирования и их применении // *Высшее образование в России*. 2012. № 3.
10. *Гусев А.И.* Российская наука и уральские учёные в зеркале цитирования // *Вестник Уральского отделения РАН*. 2009. № 3.
11. *Месяц Г.А.* Индекс цитирования не всегда объективно отражает заслуги учёного // http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=347&d_no=14318#.Uvxkrvtp5qQ
12. *Козлов В.В., Мотрошилова Н.В.* Об индексе цитирования // http://sergey-sharakshane.narod.ru/Indeksy_tsitirovaniya.pdf
13. *Science and Technology. Tenth Report* // *Science and Technology Committee Publications. Session 2003–04*. <http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200304/cmsselect/cmsctech/399/39912.htm>; www.ref.ac.uk
14. *Паршин А.Н.* Обращение в Президиум РАН, в Совет директоров институтов РАН, в Отделения РАН, к директорам институтов РАН // http://ras.ru/digest/showdnews.aspx?_language=ru&id=d8db0b95-f479-4f46-bffd-4f8883d83c6d; Русский репортёр. 2013. № 48 (326). 5 декабря <http://rusrep.ru/article/2013/10/22/ran/>
15. *Cances C., Seguin N.* Error estimate for Godunov approximation of locally constrained conservation laws // *Siam. J. Numer. Anal.* 2012. V. 50. P. 3036–3060.
16. *Савельева Ю.В., Хоперсков А.В.* Научные журналы и эффективность научной работы: поисковые системы и базы данных // *Управление большими системами. Специальный выпуск 44 — Наукометрия и экспертиза в управлении наукой*. М.: ИПУ РАН, 2013.
17. http://mipt.ru/education/chair/computational_mathematics/about/people.php
18. Протокол заседания Совета по грантам Правительства Российской Федерации для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих учёных в российских образовательных учреждениях высшего профессионального образования от 25 мая 2010 г. № 1 // <http://www.p220.ru>
19. <http://scholar.google.ru>
20. *Hirsch J.E.* An index to quantify an individual's scientific research output // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2005. V. 102. P. 16569–16572.
21. *Egghe L.* Theory and practice of the g-index // *Scientometrics*. 2006. V. 69 (1). P. 131–152.
22. Научно-липовый бум // *Газета.ру*. 2013 г. 9 декабря // <http://www.gazeta.ru/search.shtml?p=search&how=pt&text=%ED%E0%F3%F7%ED%EE+%EB%E8%EF%EE%E2%FB%E9+%E1%F3%EC+&x=10&y=8>
23. *Полянин А.* Об индексе Хирша и других наукометрических показателях // http://eqworld.ipmnet.ru/ru/info/sci-edu/Polyanin_IndexH_2013.html/ (дата обращения 11.08.2013).

ИЗ РАБОЧЕЙ ТЕТРАДИ ИССЛЕДОВАТЕЛЯ

DOI: 10.7868/S0869587315040027

Для представителей научного сообщества очевидна роль интеллектуальной среды в становлении исследователя и научных школ. Но, как утверждает автор публикуемой статьи, интеллектуальная среда является важным фактором развития всего общества. В статье даётся характеристика теоретических и прикладных задач, решение которых требует применения “средового” подхода. На основе эмпирических данных рассматривается динамика креативных интеллектуальных сред в условиях современной России.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СРЕДЫ: КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ ПЕРСПЕКТИВА ГЛАЗАМИ СОЦИОЛОГА

А.Л. Андреев

Концепции развития социологии строятся на разных логических основаниях и потому существенно различаются как по содержательной характеристике выделяемых периодов, так и по их хронологическим границам. Общим местом для них является противопоставление классической и современной (неклассической, постклассической, постнеклассической и т.п.) социологии. Критерии различия между ними тем не менее не всегда достаточно определены. Их связывают со сменой “рабочей повестки дня” [1, с. 5], с фокусировкой исследований на различных уровнях социальной реальности (сосредоточенность на макроявлениях или на повседневном поведении и элементарных взаимодействиях людей), с внутренними структурными сдвигами в самой науке (разделение социологии на теоретическую и прикладную) [2, с. 17] и т.д. Однако почему эти эпистемологические реконфигурации надо рассматривать именно как выход за рамки классики, а не как её внутреннее развитие (как сказал бы Гегель, *саморазвёртывание*), остаётся неясным.

Возможно, здесь сказывается мода на всё “неклассическое”. Но если “классическое” и “не-

классическое” применительно к социологии — это не просто условные обозначения, а содержательные определения, вытекающие из общей эволюции науки как таковой, то основания для данного противопоставления надо искать в *предметно-логическом строе теории*, который определяется способом репрезентации социальной реальности. И здесь важнее всего тип используемых мышлением базовых онтологических метафор, а не масштаб обобщения, соотношение количественных и качественных методов или то, в каком порядке теоретическое мышление “собирает” модель действительности (экономика ли определяет духовную жизнь, как у Маркса, или духовные факторы задают параметры хозяйственной деятельности, как у Вебера; человек ли как социальный актор предшествует системе или система детерминирует его сознание и поведение; и т.д.).

Классическая наука возвышается над уровнем простой систематизации обыденного понимания вещей, но в то же время сохраняет с ним чувственно-наглядную связь, допускающую достаточно простое преобразование одного в другое. Так, например, соотносятся между собой птолемеевская и коперниканская модели Солнечной системы: одно получается из другого путём инверсии. В неклассической науке прямая наглядная связь с обыденным восприятием вещей пропадает, вследствие чего верификация её утверждений становится опосредствованной процедурой, утратившей право апеллировать к непосредственной очевидности.

Если проанализировать с этой точки зрения теоретическое мышление классиков социологии, то можно заметить, что, несмотря на всё несходство их взглядов и выводов, в конечном счёте они разделяли некоторые общие фундаментальные



АНДРЕЕВ Андрей Леонидович — доктор философских наук, профессор, заведующий кафедрой социологии и гуманитарной культуры НИЯУ МИФИ, главный научный сотрудник Института социологии РАН.
sympathy_06@mail.ru

допущения онтологического характера. Их онтология, а следовательно, и их дискурс — это онтология и дискурс дискретных объектов, которые в результате применения так называемой изолирующей абстракции могут быть представлены как *отдельные сущности*. Индивид, социальная группа, социальный институт, социальный факт, идея, класс, социальное взаимодействие, базис, надстройка, производство, общество в целом — все ключевые понятия, из которых складывается “реальность” классической социологии, — это именно некие подобные сущности. И как бы ни стремились те или иные социальные теоретики XX в. вырваться из “поля притяжения” классики, вплоть до недавнего времени они неизменно оставались в рамках её онтологического горизонта. Кстати, вполне укладываются в него и некоторые новейшие подходы, такие как “парадигма мобильности” или “социология потоков”. Мобильности, потоки и прочие виды движения — всё это отнюдь не улыбка Чеширского кота, у них всегда есть субстанциальный носитель, отделённый от носителей других процессов, и разговор об этих последних при ближайшем рассмотрении всегда оказывается развёрнутой метонимией, относящейся именно к этим носителям.

Но если говорить о неклассической социологии как минимум преждевременно, то можно по крайней мере ставить вопрос о неклассической *перспективе* для социологии. И для этого, похоже, действительно появляются некоторые основания, поскольку в ряде работ был поставлен вопрос о представлении социологическим воображением объектов недискретного типа. Это, например, то, что П. Штомпка называл социальными полями [3, с. 26–31]. Другое дело, что такого рода идеи артикулированы ещё не совсем отчётливо и, главное, носят довольно умозрительный характер, практически не связаны с эмпирическими исследованиями.

Между тем существуют достаточно важные задачи, которые сложно решить, представляя социальную реальность как совокупность разделённых элементов. К числу таких задач мы бы отнесли, в частности, разработку и сравнительную оценку стратегий модернизации. Почему в ходе модернизации одни страны превращаются в мощные генераторы первичных инноваций, другие их успешно подхватывают, транслируют и тиражируют, тогда как третьи лишь присваивают материальные продукты современности в виде “трофея”, а вступление в современность оборачивается для них прогрессирующей социальной деградацией (как в некоторых государствах Чёрной Африки) [4]?

Какой таинственный “фактор X” мог бы объяснить, почему Германия, Франция, Англия, Голландия являются родиной множества знаменитых математиков, механиков и инженеров, а, напри-

мер, Испания или Португалия нет, хотя к концу эпохи Возрождения именно Испания была европейским лидером по уровню образованности и числу университетов [5]? Были ли причиной тому социальные запросы нарождающегося капитализма, как доказывали марксисты (напомним об известной работе Б.М. Гессена “Социально-экономические корни механики Ньютона”), или, может быть, протестантская этика, как вслед за М. Вебером думал Р. Мертон? Почему ничего подобного мы не наблюдаем в буржуазно-протестантской Дании, но зато можем найти в православной России, где капитализм был отягощён множеством феодальных пережитков?

Развитие науки и ориентированных на трансляцию научной рациональности институтов образования в России запоздало по сравнению не только с Западной Европой, но и с Польшей и даже Прибалтикой. Однако всего через два–три десятилетия после начала Петровских реформ Россия уже заметно опережала в этом отношении всю европейскую периферию [6]. А к началу XX в. в стране выросла широко диверсифицированная наука мирового класса — достижение, которое до сих пор удалось лишь немногим.

Разумеется, “ничего не получается из ничего”, и факторы, способствовавшие появлению названных феноменов, существовали объективно. Но они настолько многообразны и настолько тесно переплетены или даже слиты друг с другом, что их вряд ли можно идентифицировать как отдельно действующие “элементы” этой реальности и рассматривать затем в той или иной последовательности. Необходимо перейти к анализу неких несоставных (интегральных) характеристик и свойств реальности; однако их носителями уже не могут быть объекты такого типа, которым ограничивались классические теории.

Прежде чем сделать следующий шаг в своих рассуждениях, снабдим данный вывод ссылкой на опыт перехода от одного типа базовых модельных представлений к другому, которые уже случались в интеллектуальной истории. Возьмём, к примеру, ту область знания, с которой начиналось формирование современной научной рациональности, — механику. Исходной идеализацией, с которой работали создатели первой настоящей науки Нового времени, была, как известно, наделённая массой материальная точка. Этот простейший дискретный объект позволял достаточно точно описывать траектории и взаимные динамические отношения сравнительно небольшого числа движущихся тел — допустим, вращающихся вокруг Солнца планет. Однако затем механике пришлось столкнуться с такими типами задач, для которых эта модель не годилась, поскольку их решения зависели не от движения отдельных тел, а от меняющихся агрегатных свойств пространственно распределённых совокупностей (таковы, к при-

меру, задачи на движение жидкостей, паров или газов, на деформацию твёрдых тел и т.д.). В качестве модельной идеализации свойств подобных совокупностей было предложено понятие о *средах* (сплошных средах) — специфических объектах, которые аналитически могут быть представлены как различного рода *континуумы* (например, континуумы состояний и отдельных значимых для той или иной задачи параметров) [7].

Думается, необязательно возвращаться к идее социальной физики, чтобы увидеть здесь эвристически полезную для нас аналогию. Не поможет ли она там, где уже ощущается или может ощущаться в будущем необходимость не только дискретного, но и недискретного представления данных? Ведь в сферу интересов социологии входит довольно много разнообразных процессов, субстанциальные носители которых могут быть идентифицированы как *среды* — а именно как социальные, социокультурные, коммуникативные, ментальные (культурно-психологические).

Предварительно следует отделить нужный нам обобщённый концепт среды как изменяющегося во времени континуума характеристик от широко распространённого неспециализированного словоупотребления. Будем понимать под средой совокупность условных “точек”, каждой из которых поставлен в соответствие некоторый характеризующий её набор индикаторов (возможно, не только числовых, но и семантических), причём (это особенность именно сред) все или некоторые значения указанных индикаторов являются функцией от индикаторов, приписываемых другим точкам из более или менее широкой окрестности данной точки. Поскольку индикаторы последних, в свою очередь, определяются точно таким же образом, нетрудно показать, что любая точка среды косвенно определяется в том числе и как функция всей совокупности (содержательно — как функция состояния среды в целом).

В то же время функция, описывающая зависимость любой выделяемой в составе среды “точки” от её “внешнего окружения”, также не может быть задана независимо от характеризующего эту “точку” набора индикаторов. Иными словами, среды всегда обладают свойством рефлексивности. Однако необязательно в смысле В.А. Лефевра, понимавшего рефлексивность как способность субъектов представлять себе возможные действия своих контрагентов и реагировать на их предполагаемые намерения и цели [8]. На мой взгляд, полезно ввести более обобщённую, необязательно связанную с чётко обозначенной субъектностью, трактовку социальных сред. Смысл этого понятия: социальные воздействия всегда вызывают те или иные обратные реакции, которые далеко не всегда опосредствованы сколько-нибудь отчётливыми представлениями о данном воздействии и тем более о его причинах и отдалённых

следствиях, хотя бы даже речь шла об отчётливости так называемого превращённого, или ложного, сознания.

В научных и экспертных публикациях, посвящённых положению современной России, не раз отмечалось бросающееся в глаза несоответствие между вниманием, которое руководство страны уделяет вопросу о переходе к инновационной модели развития, и тем, что в этом плане реально делается. К сожалению, России пока не только не удаётся догнать лидеров инновационного развития, но её отставание от них за последние годы даже увеличилось. Среди многообразных причин такого разочаровывающего результата называют и то, что современная инновационная политика России ориентирована на некоторый набор отдельных директивно установленных показателей, а не на *инновационную самоорганизацию социума*.

Между тем генерирование потока инноваций (что, собственно, и является особенностью инновационного типа развития) есть следствие разделяемой значительной частью общества напряжённой устремлённости к новому, которая возникает только в определённой социокультурной атмосфере, притом атмосфере достаточно плотной, насыщенной множеством соответствующих стимулов. Отсюда следует, что первостепенной по своей важности задачей эффективной инновационной политики должно стать формирование поддерживающих её инновационных социальных сред. Однако такая цель в настоящее время не только не ставится, но, похоже, и не осознаётся [9]. Впрочем, если бы даже она была завтра поставлена в повестку дня, мы бы неизбежно столкнулись с концептуальной неоснащённостью, с отсутствием теоретически обоснованных и доведённых до стадии практической годности методик их создания (или, что, может быть, намного точнее — их “выращивания”). Таким образом, сформировавшаяся *социология сред* могла бы стать интеллектуальным ресурсом для разработки эффективной инновационной стратегии. Полагаю, что верно и обратное: решение задач инновационной политики можно рассматривать как своего рода пространство развития обновляющейся социологической теории.

В теоретической мысли и управленческих практиках советского времени понятие среды как специальный аналитический термин ненадолго появилось в конце 1920-х — начале 1930-х годов в социально-педагогической концепции В.Н. Шульгина. Её предметом была социальная обусловленность образования, а суть концепции состояла в том, что образование надо рассматривать как функцию диффузного ансамбля накладывающихся друг на друга воздействий, источником которых является фактически весь окружающий нас социальный и природный мир. Однако, поскольку исходя из этого был сделан радикальный вывод

об отмирании школы, теория Шульгина в середине 1930-х годов была отвергнута как вульгарно-социологическая (с соответствующими последствиями для самого автора).

В концептуальный строй сталинского неоклассицизма идеология “средового” подхода не вписывалась. Это не значит, что о тех или иных социальных средах вообще не говорили (в том числе и в рамках исторического материализма), скорее, речь шла о каких-то первоначальных обобщениях, а не понятиях системно артикулированной теории. Соответственно, формирование и тем более конструирование сред с заданными характеристиками никогда не фигурировало как отчётливо обозначенная цель, включаемая в программы социального развития. Тем не менее в результате сочетания старых, заложенных ещё в императорской России традиций с некоторыми элементами послеоктябрьского авангардизма и политикой форсированного развития сферы образования, проводившейся начиная со второй половины 1930-х годов, в СССР сформировались креативные интеллектуальные среды, позволившие создать отвечающую требованиям индустриальной эпохи национальную инновационную систему. Впоследствии, уже в годы перестройки, советская инновационная система была подвергнута суровой и отчасти заслуженной критике. Однако основные трудности возникали в этой системе на этапе внедрения. Что касается её “интеллектуальных генераторов”, то к их эффективности едва ли можно предъявить серьёзные претензии (некоторые исследования убедительно показывают, что достигнутое в ходе Великой Отечественной войны техническое превосходство СССР над нацистской Германией во многом объясняется интеллектуальной атмосферой, то есть сравнительным качеством интеллектуальных сред, обеспечивавших научно-технический прогресс в сражавшихся государствах [10]).

Инновационная система строится из нескольких функциональных блоков. Это генераторы креативности, стимулирующие и регулирующие инновационный процесс, социально-экономические механизмы, институты правовой защиты инноваций и (обязательно!) обратная связь — площадка диалога между заинтересованными сторонами, в том числе между властью и интеллектуальным сообществом, и, наконец, механизм продвижения инновационных продуктов в системе международного разделения труда и формирование благоприятного имиджа “инновационной России”. Мы будем говорить только о первом из них — и потому, что это и в самом деле *первичный* элемент системы (рассуждать об инновационной политике не имея достаточного креативного потенциала — это примерно то же самое, что планировать нефтедобычу не имея разведанных запасов нефти), и потому, что говорить обо всём осталь-

ном применительно к современной России — занятие едва ли не беспредметное.

Итак, сосредоточимся на *факторах креативности*. В советское время этой проблеме (известной, правда, под другими названиями) уделялось первостепенное внимание. И теперь, после тягостного периода забвения и примитивизации всех социальных сфер, который мы пережили в 1990-е годы, она вновь ставится в повестку дня. Были предприняты некоторые шаги по возрождению центров детского и юношеского творчества, восстанавливался престиж всероссийских олимпиад, осуществлялась поддержка международного обмена и участия российской молодёжи в интеллектуальных соревнованиях международного класса. Не будем давать оценку этим шагам — безусловно, позитивным, но, к сожалению, всё ещё очень робким, непоследовательным и не всегда достаточно компетентным. Обратим внимание лишь на угадывающуюся за ними имплицитную концептуальную установку. Она может быть сформулирована как создание алгоритмов выявления индивидуальной одарённости и создание для носителей этого качества неких “выделенных” социальных дорожек. Именно под эти цели, как предполагалось, на протяжении целого десятилетия отстраивалась система ЕГЭ со всей прилагающейся к ней инфраструктурой, включая порядок предоставления бюджетных мест в вузах.

Но откуда берутся столь востребованные Минобрнаукой России юные таланты, представляющие в приёмные комиссии самых престижных российских университетов 100-балльные аттестаты? А бог весть... Наверное, рождаются на просторах России-матушки как булки на деревьях... Во всяком случае, никаких сколько-нибудь серьёзных усилий для создания и широкого внедрения развивающих образовательных программ (допустим, наподобие популярной в советское время системы развивающего обучения В.В. Давыдова и некоторых других) на государственном уровне не предпринималось. Разрабатывались в первую очередь технологии формализованного отбора и контроля, под которые так или иначе реструктурировался учебный процесс (он принимал форму натаскивания на вероятные тестовые задания), а неявно — и сфера мотивации на интеллектуальную деятельность (например, если школьник собирается поступать в технический вуз, он начинает игнорировать литературу и историю, по которым ему не надо будет сдавать ЕГЭ).

Со временем эти технологии отбора и контроля принимали всё более изощёренный характер, с тем чтобы исключить списывание, информационные утечки, сдачу экзамена за других и т.п. Но что же сегодня мы имеем в качестве результата этого поистине титанического проекта? По результатам международных обследований — устойчивую отрицательную динамику. Например, по

данным проекта PISA, в рамках которого даётся сравнительная оценка знаний и компетенций 15-летних школьников по странам, Россия в 2000 г. занимала 27-е место, в 2003 — 32-е, в 2009 — 41-е. В 2012 г. показатели российских школьников вновь оказались значительно хуже, чем в наиболее развитых государствах, входящих в Организацию экономического сотрудничества и развития. Впрочем, не менее красноречива и отечественная статистика сдачи ЕГЭ: неслучайно минимальный аттестационный балл по русскому языку и математике в 2014 г. был снижен соответственно до 24 (было 36) и 20 (было 24). Конечно, такого рода данные носят усреднённый характер, и не самые высокие показатели могут маскировать наличие в той или иной стране небольшой, но очень эффективной интеллектуальной элиты. Однако отдельные успехи российских студентов на международных олимпиадах по программированию и робототехнике, при всей отрадности этих фактов, не должны успокаивать нас как *социологов*, оценивающих в конечном счёте возможности общества в целом. Для меня лично не менее важным социальным фактом представляются всё учащающиеся жалобы коллег на то, что задачи того уровня сложности, с которым студенты элитных российских вузов раньше справлялись ещё на младших курсах, теперь становятся для них более или менее доступными только ближе к окончанию учёбы. У нас нет на сей счёт количественных оценок, но понятно, что это — фиксируемый включённым наблюдением симптом массового снижения индивидуальных возможностей. И что характерно — никакого превосходства студентов с высокими баллами ЕГЭ над остальными однокурсниками, вынужденными оплачивать свою учёбу, в целом не отмечается.

В этой ситуации всё более сложной проблемой становится воспроизводство квалифицированных и наделённых способностью к творчеству кадров. Дело не только в том, что молодёжь не привлекают слишком низкие зарплаты. Скажем, в творческих профессиях (мне доводилось преподавать в соответствующих вузах) такой проблемы не ощущается. Зато есть другие, не менее острые. Например, сценаристов (по диплому) в стране выпускают вполне достаточно, а хороших сценариев почти нет. Здесь налицо не фактор зарплаты, а что-то другое — узкий культурный кругозор, недостаточный запас знаний, неглубокое восприятие как современности, так и истории, клишированность восприятия и, как следствие, дефицит оригинальных мыслей и слабость продуктивного воображения. А давно ли мы слышали о мировых достижениях российской науки? Об учёных российского происхождения — да. Но ведь А. Гейм и К. Новосёлов получили Нобелевскую премию, будучи британскими профессорами. Болезненную тему научно-технического (и параллельно это-

му — социально-технологического) обеспечения перехода России к шестому технологическому укладу, пожалуй, не стоит здесь даже затрагивать.

С точки зрения социальных представлений, на основе которых разрабатывается сегодня политика в области образования и других сферах интеллектуальной жизни, объяснить, а значит, и эффективно парировать нисходящие тенденции, на наш взгляд, затруднительно. Меньше всего хотелось бы ставить под сомнение значение личной одарённости, которая, несомненно, нуждается в поддержке со стороны общества. Однако известно, что личные задатки формируются и проявляют себя только в определённом социальном контексте, в котором решающую роль играют специфические коллективно утверждаемые мотивации, информационные потоки и коммуникации. На мой взгляд, в качестве базовых *“социальных единиц”* креативности выступают не столько сами по себе отдельные талантливые люди, сколько формирующие и выдвигающие их особые *социальные и социокультурные среды*. В рамках политики стимулирования инноваций и инновационного развития именно такие среды должны рассматриваться как базовые операционные единицы управления. Речь должна идти о переходе от политики поддержки отдельных (предположительно талантливых) индивидуальностей к политике целенаправленного социального конструирования или, точнее, выращивания *креативных интеллектуальных сред*. Это, однако, совсем другие экспертно-управленческие компетенции и иные социальные технологии, которые во многом ещё предстоит разрабатывать.

Вопроса о “среде обитания” креативности в своё время коснулся Р. Флорида [11], показав, что проблеме создания поддерживающей инновационный процесс инфраструктуры порой недостаточно хорошо понимают не только в России, но и в США. Среда рассматривается у Флориды не как особые, способные к самоорганизации социальные объекты, а в более традиционном смысле — просто как бытовое окружение “креативного класса” (само это понятие кажется достаточно спорным). Тем не менее в его работах можно почерпнуть немало интересных наблюдений, из которых следует, видимо, вовсе не предполагавшийся автором вывод о том, что креативные среды в разных странах не могут быть одинаковыми и обычно приобретают специфический национальный колорит.

Несомненно, такой колорит имеет историческую природу и не остаётся неизменным по мере того, как меняются социум и его культура. Тем не менее это, пожалуй, наиболее инерционная и наиболее хрупкая, тонкая составляющая инновационной системы, создание которой требует кропотливой работы, занимает не одно десятилетие и далеко не всегда заканчивается полным успехом.

Поэтому у России, по существу, нет другой возможности для перехода к инновационному развитию, кроме как использовать в качестве стартовой основы тот интеллектуальный капитал, который ещё сохранился как задел советской эпохи (так же, как в СССР в первые десятилетия его существования использовались интеллектуальные, культурные и даже институционально-организационные ресурсы, унаследованные от старого режима, а многие задуманные ещё до революции проекты осуществлялись в новом идеологическом оформлении и подавались как исключительная заслуга большевиков).

Для того чтобы понимать, в каком состоянии находятся интеллектуальные среды в современном российском обществе и как они эволюционируют, необходимы специальные, достаточно развёрнутые диагностические исследования, скажем, такого типа, как выполненная в Англии Дж. Урри и его коллегами работа по изучению социальных связей. Увы, о таких научных проектах российским социологам приходится только мечтать! Однако по отдельным поводам и обычно в другой связи всё же проводились исследования, которые позволяют получить представление по крайней мере об отдельных аспектах интересующих нас тенденций. Так, вопросы, которые проливают свет на данную тему, задавались респондентам в ходе мониторинговых исследований современного российского общества, проводившихся с середины 1990-х годов Российским независимым институтом социальных и национальных проблем, а затем перешедших “по наследству” в Институт социологии РАН. Принципиально важный вывод, который можно сделать на основании полученных данных, состоит в том, что российское общество твёрдо настроено на *интеллектуальный тип* развития и соответствующий этому вариант модернизации. Уже в середине 1990-х годов восстановились (хотя и не в полной мере) многие ценностные ориентации советского “общества образования” [12], поколебленные было “рыночным угаром” периода радикальных реформ.

Особый интерес представляют данные некоторых специализированных исследований, позволяющие судить о трансформации интеллектуальных сред в ходе естественной смены поколений. Консолидирующим фактором интеллектуальных сред советского типа было “пропускание через себя” текстов “большой” культуры. Эта процедура имела, если можно так выразиться, социально идентифицирующий и типологизирующий характер. Через неё осуществлялась консолидация интеллектуальной среды и вхождение в неё новых индивидов (“культурная инициация”). Чтение, театр, кинематограф формировали нарративный тип мышления, создавали в общественном сознании некий генерализованный фонд концептов и образов, на основе которого строились интеллек-

туальные коммуникации, далеко выходящие за пределы профессиональной сферы. Стихийно складывался некоторый общий, но понемногу обновляющийся набор текстов, с которыми должен был познакомиться “каждый интеллигентный человек”. Идеологические ограничения, конечно, мешали этому, но личные связи и изобретательность часто помогали обходить этот барьер. Сегодня, похоже, данный механизм ломается. Так, если в 1970-е годы средний московский школьник прочитывал примерно 42 книги в год, то теперь только 26 [13, с. 140]. Место книги ныне занимает компьютер, которым молодёжь в целом владеет лучше, чем интеллектуалы старшего поколения. Но вместе с начитанностью исчезает ряд критически важных компетенций, в первую очередь связанных с грамотностью и нарративной рациональностью. Умение последовательно и понятно излагать свои мысли ныне стало редкостью даже среди учащихся элитных учебных заведений, и последствия этого обстоятельства нам ещё только предстоит оценить.

То, что мы наблюдаем сегодня, — это замещение *культуры размышления* культурой картинок с соответствующим падением восприимчивости к специфическим качествам словесной выразительности и, может быть, вообще к Логосу как таковому. Правда, сознание того, что “надо больше читать”, среди учащейся молодёжи в общем и целом присутствует, но оно приобретает несконцентрированный и отчасти случайный характер. Я неоднократно просил своих студентов-первокурсников составить списки прочитанных ими за два-три последних года книг, а также просмотренных и понравившихся кинофильмов. Разумеется, полученные таким путём сведения не могут претендовать на репрезентативность, но всё же они дают некоторые ориентиры для понимания тенденции. В частности, обращает на себя внимание сжатие *общезначимого ядра* культурной парадигмы. Если, к примеру, взять литературу, то это всего три-четыре названия, куда входят обычно “Мастер и Маргарита” (самый популярный среди молодёжи роман), а также “Преступление и наказание”, “Война и мир” и “Тихий Дон”. Вокруг этого ядра выстраивается редкое созвездие из нескольких более или менее часто встречающихся произведений наиболее известных русских писателей второй половины XIX — начала XX в. Бросается в глаза, что зарубежную классику, дающую представление о ментальных основаниях европейской цивилизации (Сервантес, Бальзак, Флобер, Золя, Вальтер Скотт, Диккенс, Теккерей, Ибсен, Гёте, Шиллер и другие), российская молодёжь почти не читает. Лишь иногда в перечне понравившихся произведений мелькают Ремарк, Сэлинджер, Хемингуэй. Но это единичное, разрозненное чтение, которое не создаёт единого коммуникативного пространства, формирующе-

го сознание поколения (как было в 1960–1980-е годы в советском обществе). Эту часть литературного спектра всё больше вытесняют разного рода фэнтези типа “Гарри Поттера” и “Властелина колец”.

С целью оценки динамики общекультурных компетенций в российской интеллектуальной среде в исследованиях, проводившихся при участии автора этой статьи, студентам ведущих российских вузов (в основном московских) предъявлялся список, в который входили 30–40 имён русских и зарубежных учёных, писателей, художников, режиссёров и актёров, музыкантов, государственных деятелей. Все они — бесспорные знаменитости мирового уровня, однако принцип отбора состоял в том, чтобы включённые в список имена не относились к числу заучиваемых в школе и не повторялись ежеминутно в средствах массовой информации. Респондентам предлагалось ответить на вопрос “Кем были эти люди?”, выбрав подходящий вариант из 10 возможных (благодаря этому, как мы полагаем, можно достаточно точно отделить то, что можно назвать “схваченным” в потоке информации, от устойчивого собственного знания о культуре).

Опрос проводился четыре раза (1999, 2002, 2006, 2013)*; список персоналий всякий раз несколько видоизменялся, но с сохранением ряда использовавшихся в предыдущих исследованиях имён, что давало нам устойчивую базу сравнения. Когда мы впервые применили данную методику, то полученные результаты, как нам казалось, давали поводы для оптимизма. Несмотря на падение в 1990-е годы престижа науки, образования и интеллектуального труда, культурная компетентность молодёжи поддерживалась на достаточно сносном уровне: узнаваемость выдающихся людей из нашего списка составляла 70–80% и выше. Однако через три года индикаторы компетенции (которые мы можем рассматривать как обобщённые “средовые” показатели) по всем сопоставимым позициям “просели” сразу на 20–30%. Это наталкивает на мысль, что между 1999 и 2002 гг. в

уровне культурной компетентности студенчества, а значит, и в качестве процесса воспроизводства интеллектуальной среды произошёл резкий негативный перелом, а может быть, и своего рода тихая гуманитарная катастрофа [14].

К настоящему времени обвальное падение общекультурных компетенций, судя по всему, прекратилось. Отдельные индикаторы по сравнению с 2002 и 2006 гг. даже несколько выросли, хотя и не очень значительно (так, на вопрос о том, кто такой В.И. Вернадский, в 2002 г. правильно ответили 49% студентов, а в 2013 — 60.5%; историка В.О. Ключевского правильно идентифицировали соответственно 37.5 и 43%; знаменитого математика А.Н. Колмогорова 27.5 и более 38%). В этом отношении ситуация стабилизировалась, хотя и на более низком уровне, чем 15–20 лет назад. Однако при этом обозначились другие серьёзные проблемы. Обращает на себя внимание, в частности, значительная фрагментация интеллектуальной среды по профессиональному признаку. Скажем, студенты ВГИКа в целом демонстрируют хорошую общую информированность в том, что касается собственно кино, но уже такие близкие к своей будущей специальности сферы, как театр, музыка, литература, часть опрошенных знает недостаточно хорошо. Так, примерно каждый пятый затруднился правильно идентифицировать В.Э. Мейерхольда, 43% не знают Э. Грига, 53% не могли правильно ответить, кем была Г. Уланова. Студенты МИФИ не нуждаются в подсказке, когда речь идёт о корифеях ядерной физики и атомной энергетики, например, о Н. Боре или И.В. Курчатове. Но уже в смежном по специализации МЭИ о Курчатове знают только 58% опрошенных. А имя великого математика А.Н. Колмогорова ничего не говорит почти половине студентов МИФИ и МЭИ и приблизительно 60% их товарищей, обучающихся в МГТУ. Эти данные, на мой взгляд, косвенно свидетельствуют о снижении способности интеллектуальной среды к междисциплинарной и трансдисциплинарной интеграции — и это в условиях, когда такая интеграция становится магистральным направлением инновационных процессов в мировой науке. В целом общекультурные компетенции перестают играть роль интеллектуального ресурса.

Ещё в 1950–1970-е годы эрудиция, тонкое понимание отечественной и мировой культуры, стремление попробовать собственные силы в литературе, искусстве, философии были хорошим тоном в среде российской естественно-научной и технической интеллигенции. Сегодня на смену им идут совсем иные социально-психологические типы. Судя по данным диагностических опросов студентов ведущих московских вузов, проводившихся с середины 1990-х годов лабораторией социологических исследований НИУ МЭИ, только 10–12% этой ключевой для форми-

* Список вузов, в которых проводился опрос, из-за периодически возникавших организационных сложностей несколько менялся, однако в нём постоянно присутствовало некоторое постоянное “ядро”, в которое входили НИУ МЭИ, НИЯУ МИФИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Московский технический университет связи и информатики (МТУСИ), Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева (РХТУ), ВГИК. В 2013 г. к московским вузам впервые были добавлены провинциальные (Башкирский и Тульский госуниверситеты). Объём выборки в исследовании 1999 г. был сравнительно небольшим ($N = 380$), но затем он поддерживался на уровне более 1000 респондентов. Так, в последнем опросе (2013) участвовали 1262 студента, из них 40% обучались по гуманитарным и творческим специальностям, 60% — по техническим; доля студентов, обучающихся по программе бакалавриата, составила 55%, магистратуры — свыше 28%, специалитета — около 17%.

рования интеллектуальных сред будущего группы склонны рассматривать культуру и культурные компетенции в качестве социально значимого интеллектуального ресурса. Достаточно слабой оказалась и смысловая связь между культурой и саморазвитием, самообразованием (её зафиксировали менее 20% опрошенных). Это означает, что культура в сознании учащейся молодёжи в значительной мере отделена от локомотивных факторов развития современного общества, в том числе и от человеческой составляющей такого развития. Собственно “культура” как бы локализована в ближнем кругу межличностного общения и почти не транслируется в сферу общественно значимого. Такая смысловая установка, по существу, превращает культуру в личное дело каждого, создавая разрывы в социальном опыте молодого поколения и ослабляя мотивацию к освоению гуманитарного знания. Вместе с этим ослабляются и факторы, способствующие формированию у молодых людей творческого воображения и способности органически переходить от одного типа деятельности к другому. В более общем плане становится затруднительным подключение потенциала культуры к естественным наукам, инженерной деятельности, изобретательству, практике государственного управления.

Следует обратить внимание также и на гендерные аспекты рассматриваемой проблемы. Судя по полученным данным, сегодня девушки в целом более склонны рассматривать образование как удовлетворение культурных потребностей, а юноши — как формирование инструментария для решения профессиональных задач. И хотя эта зависимость носит не слишком сильно выраженный характер, напрашивается вывод, что основным “хранителем культуры” в переживающем период ломки российском обществе постепенно становится женщина. Это косвенно подтверждают данные обследований PISA, показавшие, что российские девочки-школьницы лучше справляются с предлагаемыми им заданиями, чем мальчики. Означает ли это постепенную феминизацию российской интеллектуальной среды? И ска-

жется ли это как-то на её способности к самоорганизации и самовоспроизводству? Вопросы эти пока остаются открытыми.

Статья написана при поддержке РГНФ. Проект № 13-03-00187 а.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Иванов Д.В.* Этапы эволюции социологии и доминантные типы теоретизирования // Социологические исследования. 2013. № 9.
2. *Зборовский Г.Е.* Теоретическая социология: quo vadis? // Социологические исследования. 2013. № 9.
3. *Штомпка П.* Социология социальных изменений. М.: Аспект пресс, 1996.
4. *Следзевский И.В.* Африканский опыт догоняющей модернизации: теория и практика // Россия реформирующаяся. Ежегодник. Вып. 12. М.: Новый хронограф, 2013.
5. *Kagan R.L.* Universities in Castile. 1500–1810 // The University in Society. In 2 volumes. V. 2. Princeton: Princeton Univ. Press, 1974.
6. *Вернадский В.И.* Труды по истории науки в России. М.: Наука, 1988.
7. *Черняк В.Г., Суетин П.Е.* Механика сплошных сред. М.: Физматлит, 2006.
8. *Левевер В.А.* Конфликтующие структуры. М.: Институт психологии РАН, 2000.
9. Междисциплинарные проблемы средового подхода к инновационному развитию. М.: Когито-центр, 2011.
10. *Herf J.* Reactionary Modernism: Technology, Culture and Politics in Weimar and the Third Reich. Cambridge: Camb. University Press, 1984.
11. *Флорида Р.* Креативный класс: люди, которые меняют будущее. М.: Классика-XXI, 2005.
12. *Горшков М.К., Авилова А.В., Андреев А.Л. и др.* Массовое сознание россиян: реальность против мифов // Мир России: социология, этнология. 1996. № 2.
13. *Собкин В.С.* Отношение учащихся основной школы к художественной литературе // Социология образования. М.: Ин-т социологии образования РАО, 2011.
14. *Андреев А.Л.* Культурное пространство студента // Педагогика. 2009. № 10.

DOI: 10.7868/S0869587315040064

Генетически модифицированные организмы — продукт научно-технического прогресса последних десятилетий. Современные методы биотехнологии позволили человеку внедряться в заложенные природой механизмы передачи наследственной информации. Подобное развитие событий вызывает беспокойство мировой общественности и учёного сообщества, утверждается необходимость разработки методов контроля безопасности такой деятельности, чтобы избежать негативных последствий применения трансгенных организмов для природной среды и здоровья людей.

ТЕХНОЛОГИЯ И РИСКИ ГЕННОЙ ИНЖЕНЕРИИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

И.А. Кузнецов

Генно-модифицированные организмы (ГМО) были впервые синтезированы более 30 лет назад, внедрение таких растений в сельское хозяйство в промышленном масштабе началось после 1995 г. Первой сельскохозяйственной ГМ-культурой, допущенной к производству, был помидор (1994), однако начало массового распространения ГМО связано с соей (1996). В течение последних 18 лет наблюдается расширение объёмов производства ГМ-продуктов на фоне бурного развития фундаментальных биологических наук, биотехнологий и генной инженерии. Параллельно с этим не прекращается спор сторонников и противников ГМО. Порождённые новым витком научно-технического прогресса в сельском хозяйстве вопросы — экономические, экологические, социально-политические и религиозно-философские — остаются столь же актуальными, как и в момент их появления. Тот или иной вариант ответа на них может влиять на принятие решений в области аграрной и экономической политики России, которыми определяются тенденции долгосрочного развития страны.

История создания и внедрения в практику сельского хозяйства генно-модифицированных

растений в общих чертах хорошо известна. В результате многолетних исследований они были созданы в начале 1980-х годов в США корпорацией “Монсанто”. В основе технологии генных модификаций лежит использование почвенной бактерии *Agrobacterium tumefaciens* в качестве средства переноса участков генов одного вида в геном другого. Специалисты объясняют это следующим образом: «Генная инженерия позволяет переносить отдельные гены из любого живого организма в любой другой живой организм в составе кольцевых молекул ДНК, или плазмид. В природе подобный путь передачи генетической информации известен как “горизонтальный перенос генов” ... Генно-инженерные методы позволяют удалить часть Т-ДНК природной Т-плазмиды, заменив её “целевым” геном и технологически необходимыми элементами, что даёт возможность... придать растению желаемое свойство. Этим способом обычно трансформируют двудольные растения. В случае однодольных растений зачастую применяют второй метод. ДНК, содержащую конструкцию с “целевым” геном, наносят на мельчайшие частички металла (например, золота или вольфрама) и этими частицами, летящими с огромной скоростью, бомбардируют клетки. При этом некоторые фрагменты чужеродной ДНК интегрируются в клеточный геном. Регенерация растений из таких клеток и приводит к получению генетически модифицированного растения» [1, с. 11]. Результатом искусственно сконструированной клетки становится так называемый трансгенный, или генно-модифицированный, организм, обладающий некими новыми, желательными для того, кто его произвёл, признаками.

Таким признаком может быть устойчивость к химикатам (гербицидоустойчивость). Технология выращивания подобных сортов строится на том, что обработка их посевов определённого рода хи-



КУЗНЕЦОВ Игорь Анатольевич — кандидат исторических наук, старший научный сотрудник Центра аграрных исследований Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации. repytwj68@mail.ru

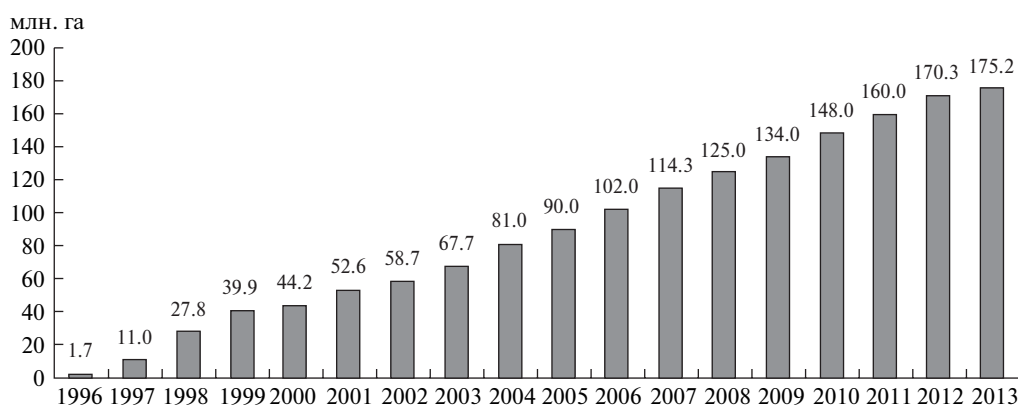


Рис. 1. Динамика роста посевных площадей ГМ-культур в мире

микатами приводит к гибели всех сорняков, не затрагивая культурные растения. На этом принципе, в частности, основано большинство ГМ-сортов сои, кукурузы, хлопчатника, рапса, риса. Создаются сорта, устойчивые к вредителям (Bt-устойчивость). Широко известный пример — картофель, устойчивый к колорадскому жуку. Возможно совмещение первого и второго направлений, например, линия кукурузы, устойчивая к гербицидам и кукурузному мотыльку. Другое направление генных модификаций культурных растений заключается в том, чтобы придать им полезные свойства, которых лишены их натуральные предшественники. Например, создан сорт риса, обогащенный бета-каротином (“золотой рис”).

Некоторые объективные показатели применения ГМО в растениеводстве. Данные о распространении генно-модифицированных культур в мире собираются и публикуются Международной

службой оценки применения агробiotехнологий (ISAAA) на основе информации, предоставляемой легальными производителями. Согласно сведениям этой организации, сегодня используются линии 27 ГМ-культур — это баклажан, гвоздика, дыня, картофель, кукуруза, лён, люцерна, папайя, перец сладкий, петунья, полевица ползучая, помидор, пшеница, рапс аргентинский, рапс польский, рис, роза, сахарная свёкла, сахарный тростник, сквош (род тыквы), слива, соя, табак, тополь, фасоль, хлопок, цикорий. Однако известно о выращивании и некоторых других ГМ-видах, например, яблок.

Наибольшим разнообразием отличаются трансгенные кукуруза и рапс (зарегистрированы по 32 линии каждой культуры), также имеется 24 линии картофеля, 11 — сои, 9 — хлопка, 8 — томатов, 5 — риса, 3 — сахарной свёклы, 3 — пшеницы, по 2 — дыни, папайи и кабачков. Таким образом, счёт ГМ-сортов идёт уже на сотни. Однако обычные сорта, безусловно, преобладают, исчисляются десятками тысяч и охватывают свыше 5 тыс. культивируемых видов растений [2, с. 20].

Данные ISAAA свидетельствуют о неуклонном росте посевов ГМ-культур в мире (рис. 1). Если в 1997 г. они составляли около 11 млн. га, то в 2000 г. — более 44, в 2005 г. — 90, в 2010 г. — 148 млн. га. В 2013 г. площадь посевов составила 175.2 млн. га, что на 3% больше по сравнению с предыдущим годом. Уровень прироста относительно невелик, в среднем за предыдущие годы он составлял 5–10%, посевы ГМО занимают примерно 13% всей посевной площади.

Обращает на себя внимание неравномерность распространения трансгенных растений в сельском хозяйстве: они выращиваются далеко не все и не везде. Страны, где официально культивируются ГМ-растения на площади более 50 тыс. га, по данным 2013 г., представлены в таблице. Кроме того, ещё 8 стран имеют посевы ГМ-растений

Перечень стран, где ГМ-растения официально культивируются на площади более 50 тыс. га, 2013 г.

Государство	Площадь посевов, млн. га	Государство	Площадь посевов, млн. га
США	70.1	Боливия	1.0
Бразилия	40.3	Филиппины	0.8
Аргентина	24.4	Австралия	0.6
Индия	11.0	Буркина-Фасо	0.5
Канада	10.8	Мьянма	0.3
Китай	4.2	Испания	0.1
Парагвай	3.6	Мексика	0.1
ЮАР	2.9	Колумбия	0.1
Пакистан	2.8	Судан	0.1
Уругвай	1.5		

Источник: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/46/pptslides/default.asp>

менее 50 тыс. га: Чили, Гондурас, Португалия, Куба, Чехия, Коста-Рика, Румыния, Словакия.

Лидером по количеству площадей, засеянных трансгенными растениями, являются США (рис. 2). Они занимают ведущее место в разработке ГМ-технологий, на их долю приходится 40% площадей. В списке преобладают соседи США: Канада и многие страны Латинской Америки. Среди развивающихся стран лидируют Индия и Китай, в то время как доля Европы крайне мала. В печати упоминается о выращивании ГМО в Египте, Ираке и некоторых других странах, однако в отчётах ISAAA такой информации нет. Организация сообщает, что в названных 27 странах выращиванием ГМ-культур заняты 18 млн. фермеров (хозяйств-производителей).

Наибольший коммерческий успех имеют четыре трансгенные культуры: соя (79% мировой площади посевов), хлопок (70%), кукуруза (32%) и масличный рапс — канولا (24%). Эти культуры преимущественно не пищевые. Соя и кукуруза являются основными компонентами кормов в животноводстве, хлопок — основная прядильная культура, канولا — сырьё для производства технических масел.

Распространением ГМ-культур занимаются компании-производители ГМ-семян. Лидером рынка является фирма “Монсанта”, известная своей агрессивной маркетинговой политикой. Ещё с 1970-х годов она выпускает гербицид “Раундап” (глифосат). ГМ-семена, с которыми “Монсанта” вышла на рынок в 1990-е годы, имели устойчивость именно к этому препарату. Фирма предлагает фермерам семена строго в пакете со своим химикатом. Таким образом, распространение ГМ-семян “Монсанта” означает расширение рынка для химической продукции этой фирмы. В литературе приводятся такие цифры: «Со времени внедрения сортов сои, устойчивых к “Раундапу”, его использование возросло с 20 до 62% (2000 г.) общей площади, обрабатываемой гербицидами» [2, с. 31]. Вторая часть маркетинговой политики концерна состоит в том, что фермеры, приобретающие ГМ-семена, подписывают договор, согласно которому лишаются права использовать семена со своего поля для посева на следующий год. Приобретение семян у фирмы должно быть ежегодным. Правовой основой для такого рода договоров выступают приобретённые фирмой патенты на комбинации генов и методы их переноса.

Все созданные в мире комбинации генов ГМО запатентованы фирмами-разработчиками, более 90% всех патентов принадлежит “Монсанта”. Кроме неё, исследования в области трансгенных продуктов в 1990–2000-е годы активно вели компании “Дю”, “Дюпон” (США), “Сингента” (до 2000 г. “Новартис”, Швейцария), “Зенека” (Великобритания), “Рон-Пуленк-Агро” (Фран-

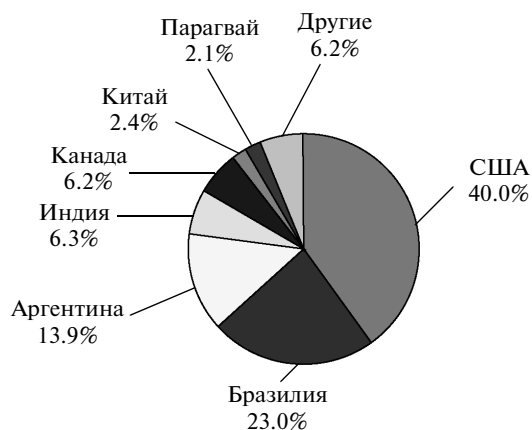


Рис. 2. Распределение посевов ГМ-культур по странам мира в 2013 г., %

ция), “Байер” (Германия) и некоторые другие. Появление новых игроков в сфере разработки ГМ-культур в силу сложности и дороговизны процесса крайне затруднено. По оценкам экспертов, “разработка одного нового ГМ-сорта занимает от 5 лет и стоит около 135 млн. долл.” [3, с. 8]. Получается, что создание технологий генной инженерии — удел крупного бизнеса.

Мнения “за” и “против”. Распространение ГМО встречает сильное общественное сопротивление, причём первые публикации с критикой генной инженерии появились либо одновременно, либо ещё до появления самих ГМО, по одним данным, в 1970-е годы [4, с. 9], по другим — с 1983 г. [2, с. 48]. Активисты, принадлежащие преимущественно к экологическим и левым движениям или исповедующие консервативные ценности, ведут борьбу по нескольким направлениям. Аргументация противников ГМО выстраивается в четырёх основных аспектах:

- медицинский (ГМО опасны для здоровья человека);
- экологический (ГМО опасны для природы, разрушают экологию);
- социально-экономический (внедрение ГМО разоряет фермеров);
- политический (ГМО служат инструментом подчинения мирового сельского хозяйства и рынка транснациональным корпорациям и правящим кругам США).

В России аргументы первого и второго типа были обобщены в серии статей и докладов группы отечественных учёных, подготовленных в 2003 г. и адресованных заседанию Государственного совета РФ и Президенту. Их лейтмотивом можно считать тезис: “Человечество в лице ГМО столкнулось с опасностью, ставящей под угрозу нормальное существование всей биосферы и самого человека” [2, с. 6]. Третий блок аргументации часто присутствует в публикациях сторонников ле-

во-экологических движений [5]. Самым известным сторонником четвёртой позиции является немецкий биолог и политический публицист У. Энгдаль [6]. Для распространения информации и координации деятельности активистов движения анти-ГМО существует целая сеть общественных организаций и Интернет-ресурсов. В частности, в 2004 г. российскими активистами была создана Общенациональная ассоциация генетической безопасности (руководитель Е.А. Шаройкина), выступающая за полный запрет ГМО.

Присутствие сторонников генной инженерии в информационном поле СМИ и публичном дискурсе выражено слабее. Как правило, это профессиональные учёные, публикующиеся в специализированных научных изданиях. Особенности общественных дебатов вокруг темы ГМО в России уже стали предметом социологического исследования [7]. Рассмотрим основные содержательные моменты этой дискуссии.

Интерпретация и презентация уже самого факта создания ГМО существенно отличаются у его сторонников и противников. Противники из экологических движений и консерваторы часто представляют саму генную инженерию как недопустимое вторжение человека в ход природных (или божественных) процессов, которое их искажает, деформирует. Они подчёркивают, что генная инженерия совершает то, что невозможно в естественных условиях: “Генетически модифицированные (трансгенные) организмы можно определить как организмы, генетический материал которых (ДНК) изменён способом, *недостижимым при естественных путях внутривидовых скрещиваний*” [1, с. 11]. Сторонники возражают, утверждая, что генная инженерия действует в строгом соответствии с принципами естественной эволюции, лишь ускоряя её темп: “Генная инженерия по своей сути не является чем-то качественно отличающимся от естественных процессов, чем-то чужеродным для живых объектов, как, например, получение искусственно синтезированных химических соединений, отсутствующих в природе, а наоборот, представляет собой повторение подсмотренных в природе приёмов” [8, с. 21].

Сторонники обычно рассматривают создание ГМО в контексте развития всей биологической науки, видят в них выдающееся достижение, к которому подвела деятельность нескольких поколений учёных, начиная с основоположников генетики Г. Менделя и Т. Моргана. Генная инженерия представляется закономерным этапом интенсификации сельского хозяйства, исчерпавшего возможности экстенсивного пути развития и традиционных технологий [9], а также экологичной альтернативой разрушительным промышленно-технологическим процессам. Её польза и своевременность обосновываются нарастанием экологических проблем, вызванных ростом насе-

ления и индустриальной цивилизации, дефицитом естественных ресурсов Земли. Возможные глобальные изменения климата ставят проблему приспособляемости человечества к меняющимся условиям среды обитания. Путь решения проблем видится в направленном создании новых видов сельскохозяйственных культур, шире — живых организмов, соответствующих новым условиям: “Получение генетически модифицированных организмов, развитие генно-инженерных методов открывают новую возможность для выживания человечества как вида в стремительно меняющихся экологических условиях истощения биоресурсов” [8, с. 202].

С позиции противников этого направления ситуация видится иначе. Генная инженерия рассматривается либо как новое средство обогащения химических корпораций, выпускающих химические удобрения и средства защиты растений, которые на определённом этапе столкнулись с ограниченностью рынка, либо как побочный продукт разработки новых видов оружия. “Трансгенные технологии исходно были созданы для разработки нового поколения биологического оружия”, — убеждены известные российские экологи А.В. Яблоков и А.С. Баранов [2, с. 7]. По-видимому, имеются в виду работы по созданию биологического оружия, проводившиеся в СССР в 1970–1980-е годы, о которых известно благодаря публикациям одного из руководителей исследований К. Алибекова, эмигрировавшего в США. По его сведениям, советские учёные со второй половины 1980-х годов в рамках секретного проекта “Химера” вели эксперименты по генетической модификации патогенных бактерий и вирусов [10, с. 293–294].

Официально создание биологического оружия было запрещено договором 1972 г., СССР нарушал этот договор, что было признано после его распада. Наличие подобных работ в США и других странах до сих пор не имеет подтверждения. Так или иначе, но концерны, ведущие разработку ГМО в коммерческих целях, в прошлом были химическими предприятиями, специализировавшимися на производстве боевых отравляющих веществ, минеральных удобрений, пестицидов и фармакологической продукции. В интерпретации самих производителей, обратиться к новой сфере их заставила проблема чрезмерной пестицидной нагрузки на почву, которая выявилась в 1970–1980-е годы как побочный результат так называемой “зелёной революции” в сельском хозяйстве. Почвы загрязнялись химикатами и переставали обеспечивать повышение продуктивности, что требовалось в связи с ростом населения и спроса на продукты питания. Основной задачей, ставившейся перед создателями ГМ-растений, было снижение пестицидной нагрузки на пашню с одновременным увеличением продуктивности.

Однако в публичном информационном пространстве доминируют негативные оценки деятельности этих корпораций. Особенно скверная репутация у “Монсанта”, являющейся главным объектом разоблачений экологов. В её истории было производство “Агента Оранж”, печально известного по вьетнамской войне, скандальные судебные разбирательства с жителями ряда американских городов, где предприятия компании сбрасывали токсичные отходы, обвинения в коррупции и сокрытии важной информации [11]. Деятельность корпорации “Доу” ассоциируется с изобретением напалма. Отрицательная бизнес-история и репутация дают основание общественному мнению для недоверия. Тем не менее эти компании успешно развиваются. Так, выручка “Монсанта” в 2013 г. составила 14.86 млрд. долл., чистая прибыль — 3.46 млрд. долл., что больше показателей предыдущего года [3].

На поверхность лежит проблема пищевой безопасности ГМО. В США принят принцип “существенной эквивалентности”, означающий, что продукты, в том числе пищевые, произведённые с использованием ГМ-технологий, по биохимическому составу, а также по потребительским и технологическим свойствам идентичны натуральным. В соответствии с этим какие-либо ограничения в отношении ГМ-продуктов, включая специальную маркировку, считаются дискриминационными. Противники ГМО утверждают, что идентичность биохимического состава не является достаточным основанием для признания общей идентичности трансгенных и обычных продуктов. В противоположность принципу “существенной эквивалентности” они выдвигают “принцип предосторожности”.

Первое опасение касалось возможности переноса модифицированных конструкций или сопутствующих им элементов из трансгенов в клетки человека. В частности, писали о “рисках горизонтального переноса трансгенных конструкций, в первую очередь в геном симбионтов для человека и животных бактерий (*E. coli*, *Lactobacillus (acidophilus, bifidus, bulgaricus, caucasicus)*, *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium* и др.)” [2, с. 47]. Предполагалось, что тем же путём, каким чужеродные конструкции вставляют в геном растения при производстве ГМО, они могут перейти оттуда в геном бактерий. Последствия этого были бы непредсказуемы, однако не существует доказательств, что такой перенос в принципе возможен.

Другое опасение связано с тем, что новые белки, которые синтезируются трансгенными клетками, могут быть аллергенны для человека. Есть и опасения о возможности возникновения мутаций вирусов известных заболеваний. Эти тревоги пока также находятся в области гипотез. Кажется, не лишено оснований утверждение, что опасность для здоровья может нести накопление хи-

микатов в трансгенных растениях, вызванное их выращиванием на почвах, многократно подвергающихся обработке глифосатом. Однако данные о количестве накапливаемых ГМ-культурами химикатов отсутствуют как у производителей, так и у независимых исследователей, по крайней мере, в печати подобной информации нет.

Есть ли экспериментальные данные о негативном влиянии ГМО на здоровье при их употреблении в пищу? Противники ГМО утверждают, что да: “Экспериментальные исследования выявили патологические изменения в органах животных и их потомства при добавлении в корм разных ГМ-культур” [12, с. 17]. Традиционно приводятся ссылки на тревожные результаты британского биолога А. Пуштаи, ставившего в 1998 г. опыты на мышках, эксперименты с крысами российской исследовательницы И.В. Ермаковой, имевшие резонанс в прессе в 2006–2007 гг., и др. [1, 12]. Однако открытые научные дискуссии вокруг этих исследований в 1999–2000 и 2007 гг. во многом скомпрометировали и скорректировали их выводы [13]. Можно утверждать, что на сегодня не существует убедительных научных данных, свидетельствующих о повышенной пищевой опасности ГМ-продуктов по сравнению с “органическими”. Тем не менее противники ГМО зачастую настаивают, что такие данные есть, но корпорации-разработчики скрывают или фальсифицируют их.

Экологические риски ГМО связывают с двумя основными моментами. Во-первых, в трансгенах видят угрозу биоразнообразию. Экологи опасаются бесконтрольного и непредсказуемого распространения ГМО по планете: “...Невозможно контролировать распространение ГМО и их продуктов в природе” [2, с. 8, 9]. Открывается целый спектр опасностей: растения-мутанты могут вытеснить своих диких родственников; оскудевает генофонд, из которого природа черпает генетический материал для эволюции; экосистема планеты теряет устойчивость в случае резких колебаний природно-климатических условий и т.д. Отдельную опасность представляют Vt-устойчивые растения: сокращаются популяции насекомых, причём не только тех, против которых был направлен данный ГМ-сорт, но и так называемая “нецелевая” фауна. Таким образом разрушаются природные пищевые цепочки, что грозит непредсказуемыми последствиями для экосистем.

Во-вторых, опасность видится в применении химикатов, сопутствующих культивированию ГМ-растений. Спустя некоторое время возможно появление так называемых суперсорняков, устойчивых к глифосату. Это, с одной стороны, вызовет необходимость увеличения пестицидной нагрузки, переход на более мощные химикаты и, соответственно, выход на новый виток химизации. С другой стороны, суперсорняки, распространяясь в дикой природе, несут угрозу биоразнообра-

зию. Экологи пишут об этом как об уже свершившемся факте: «Сорняки, устойчивые к глифосату, становятся всё более серьёзной проблемой для фермеров, выращивающих РР-сою и ГМ-хлопчатник. Чтобы бороться с этими сорняками, фермеры вынуждены больше закупать и использовать гербицида “Раундап” или в ряде случаев перейти на применение более токсичных гербицидов и перестать применять технологии противоэрозийной обработки почвы. По иронии судьбы, применение именно этой технологии при выращивании РР-культур когда-то преподносилось как одно из главных преимуществ» [5, с. 17].

Каковы контраргументы? Защитники генной инженерии не отрицают опасности сокращения биоразнообразия, но указывают, что этот действительно имеющий место процесс является побочным следствием развития современной цивилизации в целом и не связан с ГМО. ГМ-культуры, полагают они, способны размножаться только в условиях их целенаправленного разведения, в хозяйстве. Выхода в дикую природу, они теряют свои конкурентные преимущества. Опасности захвата планеты растениями-мутантами не существует, наоборот, как уже отмечалось, генная инженерия потенциально даёт человечеству инструмент против сокращения биоразнообразия.

По вопросу о том, привело ли использование связки ГМ-семян с определёнными химикатами к общему уменьшению использования пестицидов, в литературе имеются прямо противоположные заключения. Экологи — противники ГМО — готовы признать: “Нет обобщающих данных об уровне использования пестицидов, урожайности, резистентности сорняков и вредителей, или исследований эффективности их применения на малых фермах, нет данных сравнительного анализа урожайности ГМ-культур и традиционных сортов, нет исследований, сопоставляющих использование ГМ-культур с другими агротехническими методами, в частности, с агроэкологией или органическим земледелием” [5, с. 22]. В таком случае отсутствие достоверной статистики лишает возможности делать однозначные заключения.

Активисты движения анти-ГМО в Европе часто используют социально-экономические аргументы. Существует масса публикаций, рисующих разорение мелких фермеров (крестьян) Аргентины, Индии и других стран “третьего мира”, наступившее вследствие распространения ГМ-культур в 1990–2000-х годах [5, 6]. Однако анализ имеющейся информации приводит к выводу, что проблемы сельского хозяйства и крестьянства этих стран не в ГМО, а в их социально-экономическом и политическом строе. Если ГМ-культуры и имеют какое-то явное преимущество, то оно как раз экономическое. Внедрение ГМ-культур снижает издержки и увеличивает производительность тру-

да при их производстве (прежде всего сои, хлопка). По оценкам отечественных экспертов, ГМ-семена в зависимости от сортов и стран-производителей стоят на 20–50% дороже обычных, но их применение может снизить себестоимость конечного продукта на 20% [3]. Это признают и оппоненты ГМО: «Внедрение ГМ-кукурузы, хлопчатника, сои и рапса в США произошло очень быстро по причине “удобства обращения” с ГМ-культурами, устойчивыми к гербицидам. Большинство исследований подтверждается, что использование ГМ-растений ведёт к снижению трудозатрат на фермах и сокращению времени на внесение гербицидов» [5, с. 11]. Немецкие исследователи, проанализировав 147 публикаций в англоязычной литературе, где описывались результаты использования ГМ-культур в конкретных хозяйствах за 1995–2014 гг., подсчитали, что в среднем в описанных случаях количество пестицидов уменьшилось на 36.9% по сравнению с обычными культурами, стоимость пестицидов — на 39.2% и, несмотря на некоторый рост общих производственных затрат (+3.3%), валовая доходность возросла на 21.6%, а прибыль фермеров — на 68.2% [14].

Очевидно, чистая прибыль с гектара ГМ-культур оказывается выше традиционных настолько, что делает выгодным переход к монокультуре и крупному агропроизводству там, где до этого преобладало диверсифицированное сельское хозяйство на основе мелкого семейного хозяйства (мелких фермеров или крестьянских общин). Отсюда — “концентрация фермерских хозяйств в руках ограниченного числа владельцев”, “консолидация агробизнеса и концентрация сельскохозяйственных земель в Южной Америке”, которые, в интерпретации сторонников левого дискурса, “способствуют подрыву продовольственной независимости местных крестьянских общин” [5, с. 11]. Крестьян разоряют низкие цены (на хлопок, сою), но снижение цен есть индикатор перепроизводства данного продукта в мире. Следовательно, внедрение ГМО позволило нарастить объёмы производства при снижении издержек.

Подобного рода социально-экономические сдвиги происходили в истории каждый раз, когда в сельское хозяйство внедрялась новая технология. С точки зрения общества, задача состоит не в том, чтобы затормозить прогресс, а в том, как минимизировать негативные социальные последствия технологических переворотов. Эта задача, в свою очередь, связана с проблемой эффективности политических институтов. Так, если «по данным исследования Комиссии США по безопасности и обмену, в период с 1997 по 2002 г. “Монсанто” потратила около 700 тыс. долл. на взятки 140 сотрудникам правительства Индонезии» [5, с. 13], то проблему для сельского хозяйства Индонезии, очевидно, представляют не семена ГМ-куль-

тур, которые продаёт “Монсанто”, а коррупция в правительстве страны.

Крайним выражением левого дискурса по проблеме ГМО можно считать связанные с ней теории заговора. В литературе имеются утверждения, что “ГМО — часть долгосрочной программы влиятельных ведущих кругов в Соединённых Штатах, нацеленной на управление существенными поставками продовольствия во всём мире с помощью запатентованных семян” [6, с. 2]. Правящим кругам США приписывается намерение закабалить крестьян развивающихся стран при помощи монополизации рынка семян. Помимо сверхприбылей корпораций, это позволит установить контроль над продовольствием, что равнозначно “контролю над миром”. Конечной целью приписываемой США стратегии видится сокращение численности населения стран “третьего мира”.

Подобного рода теории базируются исключительно на спекуляциях. Однако опасения их сторонников подогревались действительно имевшими место фактами, прежде всего проявившейся тенденцией к захвату рынка семян компаниями-производителями ГМО путём покупки и поглощения старых семеноводческих предприятий. Рынок ГМ-семян составляет примерно треть общего рынка семян, но на нём этим компаниям тесно. В результате сегодня они контролируют немалый сегмент рынка в целом: “Монсанто” занимает примерно 23% рынка, “Дюпон” — 15%, “Сингента” — 9% [3]. В частности, “Монсанто” продаёт в Россию обычные семена рапса, кукурузы и овощей. Возможно, тенденции монополизации рынка семян представляют некоторую опасность, однако противоядием является не запрет ГМО, а антимонопольная политика в сфере аграрного рынка, развитие конкуренции производителей семян, как трансгенных, так и обычных.

Особую угрозу, с точки зрения этой теории, представляет разработка технологии “Терминатор” для ГМ-семян. Действительно, корпорации, прежде всего “Монсанто”, в 1990–2000-е годы завоевывали местные рынки семян в развивающихся странах при помощи скидок, но через несколько лет, когда местные семена оказывались вытесненными с рынка, цены повышались. Компании требовали уплаты патентных отчислений. Поскольку в странах “третьего мира”, в отличие от развитых стран, правовой порядок слаб, компаниям было трудно заставить фермеров исполнять договоры, в которых был запрет на использование ГМ-семян для пересева. Тогда была разработана так называемая терминальная технология, которая делала семена стерильными, то есть посев мог осуществляться лишь однократно, на следующий год семена не давали урожая. В результате массовых протестов общественности в западных странах в 2000-е годы компании были

вынуждены публично отказаться от использования терминальных технологий. Гипотетически с помощью этой технологии компания-производитель ГМ-семян в условиях отсутствия конкуренции действительно может контролировать сельское хозяйство и аграрный рынок или некие значительные их сегменты. Но у этой технологии есть и позитивная сторона: она лишает ГМО возможности бесконтрольного распространения, которого так опасаются экологи.

В литературе есть утверждения, что “Монсанто” в середине 1990-х годов ставила целью в течение 15–20 лет сделать 100% семян в мире трансгенными и патентованными [4, с. 7]. Если это верно, то данная стратегия, очевидно, провалилась. Рынок пока позволил ГМО занять лишь определённую нишу в мировом сельском хозяйстве.

Большую роль в контроле над распространением ГМО играют политика государств и позиция гражданского общества. Отрицательный опыт стран “третьего мира”, в сельском хозяйстве которых бурное распространение ГМО происходило бесконтрольно, сопровождалось коррупцией и привело к негативным социальным последствиям, лишний раз доказывает это.

Политика правительств разных стран по отношению к ГМО различна. Можно выделить следующие основные варианты:

- свободное производство, переработка и распространение ГМ-продуктов после их сертификации соответствующими государственными органами;
- запрет на производство, но разрешение на ввоз и переработку ГМ-продуктов после их сертификации;
- полный запрет ГМО.

Системы национальной сертификации и контроля в разных странах действуют на основе различных принципов. Механизм государственного контроля США в области биотехнологий достаточно строг, но базируется на презумпции их безопасности и принципе доверия к информации производителя [9, с. 119–158], тогда как в Европейском союзе действует, скорее, обратный принцип: подразумевается потенциальная опасность, пока не будет доказано обратное.

Появление ГМО в сельском хозяйстве и на потребительском рынке стран Западной Европы было встречено общественностью враждебно. Большинство потребителей, как показали социологические опросы, демонстрировали отрицательное отношение к продуктам, содержащим ГМО. Активисты экологических и левых движений с 1996 г., практически одновременно с появлением самих ГМО, развернули массированные кампании против их испытаний и внедрения. Соответственно, и правительства стран Евросоюза

проявляют большую осторожность. Сначала было введено требование обязательной маркировки ГМ-продукции. Под давлением общественного мнения в 1999–2003 гг. действовал мораторий на одобрение новых трансгенных сортов. В 2000 г. ряд крупнейших производителей продуктов питания и торговых сетей объявили об отказе от использования ГМО. На уровне муниципалитетов и местного самоуправления в странах Европы стали появляться “зоны, свободные от ГМО” [4]. Надо отметить, что статус такой зоны предусматривает запрет на использование ГМО на предприятиях и объектах государственной (муниципальной) собственности, но не в частных хозяйствах, фермерам и переработчикам лишь рекомендуется не использовать ГМО. Ряд стран полностью отказались от ГМО (Австрия, Венесуэла, Греция, Польша, Швейцария).

По мере появления трансгенных продуктов на отечественном рынке аналогичные негативные настроения распространились и в российском обществе. С 2004 г. зоной, свободной от ГМО, объявила себя Белгородская область, сельхозпроизводители и пищепереработчики которой были обязаны отказаться от подобной продукции [15].

С конца 2000-х годов, несмотря на сохраняющееся негативное отношение к трансгенным продуктам в обществе, острота вопроса несколько спадает. Продукты, не нашедшие достаточного спроса на рынке, естественным образом снимаются с производства. От политики запретов и ограничений вопрос переходит в плоскость информирования потребителей.

Попыткой конструктивного ответа на вызовы ГМО-технологий со стороны сельского хозяйства и потребительских рынков западных стран стала возрастающая популярность так называемой органической продукции и развитие соответствующего сектора в сельском хозяйстве.

Российское правительство в 2000-е годы демонстрировало, скорее, отсутствие позиции по вопросу ГМО. Был разрешён ввоз и использование на переработку ряда линий ГМ-сортов (16, по другим данным, 18), но запрещено производство ГМ-растений в сельском хозяйстве. 23 сентября 2013 г. вышло постановление Правительства РФ № 839 “О государственной регистрации генно-инженерно-модифицированных организмов”, согласно которому на определённых условиях предполагалось разрешить производство ГМ-культур в России с 1 июля 2014 г. Данное решение стало предметом ожесточённой дискуссии и, по-видимому, лоббистского торга. В России существуют как сторонники коммерческого выращивания ГМ-культур, так и сторонники развития так называемого органического земледелия. Позиция последних аргументируется следующим образом: “Начало коммерческого выращивания генетически модифицированных сортов растений может

привести к фактической утрате государством статуса потенциального производителя экологически чистой (органической) продукции и её поставщика на европейский рынок. По оценкам некоторых западных экспертов, объём рынка органической продукции в настоящее время составляет около 100 млрд. долл. в год. Существует очень большая вероятность того, что коммерческое выращивание генетически модифицированных сортов на территории государств, пока ещё не допускавших выращивания ГМО, будет означать потерю этой возможности” [1, с. 24]. Обоснованность данной позиции вызывает сомнения. Очевидно, что рынок “органической продукции” имеет нишевое значение в экономике ряда развитых стран, и строить стратегию развития сельского хозяйства России в расчёте только на него вряд ли разумно.

В начале 2014 г. решение было пересмотрено, был введён запрет на производство ГМО. Поскольку отказ от ранее принятых правительственных решений является нетипичным для условий современной России, можно предполагать, что это решение было принято на высшем политическом уровне.

Против пересмотра решения, то есть за разрешение производства ГМО, выступила большая группа учёных, их обращение к Правительству РФ собрало более 300 подписей отечественных биологов и медиков. Они заявили, что мнения об опасности ГМО “не имеют под собой научных оснований и рассчитаны на общественные страхи и отсутствие у населения объективной информации по данному вопросу”, а запрет на производство ГМО “безусловно, приведёт к отставанию России от мировых конкурентов в этой важной отрасли, к утечке молодых перспективных биотехнологов за рубеж, к утрате критических технологий” [16].

По мнению экспертов, несмотря на существующий законодательный запрет, в современной России уже происходит нелегальное распространение ГМ-семян. Так, по опубликованной в декабре 2013 г. оценке руководителя Российского зернового союза А.Л. Злочевского, площадь нелегальных посевов ГМ-культур в России занимает порядка 400 тыс. га, и примерно половина из них — кукуруза. “ГМО идёт по нашим полям семимильными шагами”, — заявил он прессе [17]. К сожалению, именно так, нелегально, началось распространение ГМ-культур в ряде стран “третьего мира”, например, в Бразилии.

Мировой опыт применения ГМ-культур в сельском хозяйстве показывает, что они дают экономический эффект с сохранением экологии лишь в странах, где свободный рынок сочетается с высокой культурой производства и эффективными политическими институтами, взаимодействующими с гражданским обществом, где сель-

хозпроизводители готовы строго соблюдать технологию выращивания, например, не высевая Вt-культуры на одном участке несколько лет подряд, а чередуя поля и посевы трансгенов с обычными сортами, оставляя по краям полей с ГМ-культурами полосы других культур, не допуская пересева семян на следующий год, используя только сертифицированные семена и т.д., где существуют правовые механизмы контроля за соблюдением технологии и реально действующие санкции в отношении нарушителей. Система информирования потребителей, сертификации и маркировки продуктов питания эффективна там, где она независима и опирается на разветвлённую структуру государственных и частных лабораторий, имеющих соответствующие оборудование и кадры. К сожалению, в России такая культурно-институциональная среда отсутствует.

Запрет ГМО на государственном уровне также подразумевает систему государственного контроля, однако таковой в нашей стране нет, и решения по её созданию нам неизвестны. В этих условиях возрастает вероятность реализации наихудшего из возможных вариантов — нелегального распространения ГМО в условиях формально действующего запрета и отсутствие какой-либо достоверной информации.

* * *

Очевидно, что вопрос о допустимости и об условиях производства ГМО в России нуждается в широком общественном обсуждении, и вокруг того или иного варианта его решения в ближайшее время будет идти явная или неявная политическая борьба.

Опрошенные нами эксперты в рамках данной темы обращали также внимание на другие актуальные проблемы. Современная биологическая наука одной из основных перспектив селекционной работы видит сочетание генной инженерии с традиционной (адаптивной) селекцией. Россия существенно отстаёт в области работ с ГМО от мировых лидеров, однако имеет богатые традиции в области селекции, заложенные в советский период. Проблема заключается в том, что с 1990-х годов селекционная работа деградирует, лишаясь материальной и кадровой базы. В таких условиях возникает опасность не только утраты страной возможности вести перспективные разработки в указанном направлении, но и попадания отечественного сельского хозяйства в зависимость от иностранных компаний-производителей семян и в случае с обычными культурами.

Подводя итог, можно заключить, что имеющиеся сведения о свойствах ГМО, в частности, аргументы медицинского, экологического и экономического характера, не дают оснований для отказа от производства и использования ГМО в

сельском хозяйстве России. Запрет, по-видимому, может основываться только на аргументах социально-политического и геополитического порядка. Думается, конструктивное решение удастся найти, если ГМО будут рассматриваться не как угроза безопасности России, а как технологический, модернизационный вызов, на который должен быть дан адекватный ответ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов В.В., Куликов А.М., Цыдендамбаев В.Д. Генетически модифицированные сельскохозяйственные культуры и полученные из них продукты: пищевые, экологические и агротехнические риски // Известия аграрной науки. 2010. № 3.
2. ГМО — скрытая угроза России. Материалы к докладу Президенту Российской Федерации. М., 2004.
3. Кунле М. Спор о генах // Ведомости. 2014. 4 марта.
4. Зоны, свободные от ГМО / Под ред. Копейкиной В.Б. М.: Экологический клуб "Эремурус", 2007.
5. Кому выгодны ГМ-культуры? Анализ глобальных показателей эффективности ГМ-культур за 1996—2006 гг. Краткое резюме. Амстердам: Международный секретариат "Друзей Земли", 2007.
6. Эндаль У.Ф. Семена разрушения. Тайная подоплёка генетических манипуляций. СПб.: Нестор-История, 2009.
7. Астахова А.С. Автономия научного сообщества, популяризация науки и общественные дебаты на примере обсуждения ГМО-продукции // Социология власти. 2013. № 3.
8. Глазко В.И. Генетически модифицированные организмы: от бактерии до человека. Киев: КВЦ, 2002.
9. Мелик-Саркисов С.О. Биотехнология в аграрном секторе США: Экономика развития. М.: ВНИИ сельскохозяйственной биотехнологии РАСХН, 2005.
10. Алибеков К., Хендельман С. Осторожно! Биологическое оружие! М.: Городец-издат, 2003.
11. Полная история Монсанто // http://www.oagb.ru/lib.php?txt_id=50
12. Ермакова И.В. ГМО как тест на зрелость // Федерация. 2012. № 1—3.
13. Marshall A. GM soybeans and health safety — a controversy reexamined // <http://www.nature.com/nbt/journal/v25/n9/pdf/nbt0907-981.pdf>
14. Klümper W., Qaim M. A Meta-Analysis of the Impacts of Genetically Modified Crops // <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0111629>
15. Зоны, свободные от ГМО. Опыт России / Под ред. Копейкиной В.Б. М.—Йошкар-Ола: Реклайн, 2008.
16. Открытое письмо в поддержку развития генной инженерии в Российской Федерации // <http://onr-russia.ru/content/открытое-письмо-в-поддержку-развития-генной-инженерии-в-российской-федерации>
17. Foodnewsweek.ru (информационно-справочное издание рынка пищевой промышленности) // <http://www.foodnewsweek.ru/agro/ploshhad-nelegalnyh-gmoposevov-v-rf-sostavlyayet-400-tys-ga.html>

DOI: 10.7868/S0869587315040039

“ОН ХИМИК, ОН БОТАНИК, МЕХАНИК И МАТРОС”

*О статье О.В. Михайлова «“Чемоданных дел мастер”,
или Ещё раз о Дмитрие Ивановиче Менделееве»*

И.С. Дмитриев

А у нас знание отождествляется с говорением...
Хорошо говорящий, особенно же бойко пишущий,
почитається и знающим то, о чём идёт речь.

Д.И. Менделеев

Многогранное творчество и личность Д.И. Менделеева неизменно притягивали к себе внимание как историков-профессионалов, так и дилетантов. Почему я решил откликнуться именно на статью О.В. Михайлова¹? Причин тому три. Во-первых, статья была опубликована в издании, являющемся лицом Российской академии наук, со всеми вытекающими отсюда требованиями. Во-вторых, автор позиционирует себя “профессиональным исследователем в области науковедения” (с. 736), а на официальном сайте Казанского национального исследовательского технологического университета, кроме того, сказано, что его, наряду с химическими и химико-технологическими проблемами, интересуют также “вопросы, касающиеся социологии науки, науковедения и наукометрии, связанные в первую очередь с разработкой общей методологии объективной оценки научной деятельности” [1]. Видимо, в этом ракурсе и следует воспринимать поразившую мою

воображение статью О.В. Михайлова, статью, скорее, историко-научную, нежели науковедческую. В любом случае эта, как и предыдущая работа автора о Менделееве [2], содержит большой историко-научный компонент. В-третьих, данная публикация О.В. Михайлова отражает некоторые печальные тенденции в современном российском научном сообществе, что, конечно, заслуживает отдельного разговора. Многие в ней может вызвать возражение специалиста по истории науки, но я остановлюсь сначала на тех ошибках и нелепостях, которые носят фактологический характер и не могут быть оправданы ссылкой на своеобразие авторского взгляда на личность Менделеева.

Первое, что бросается в глаза, — это поистине хлестаковская лёгкость, с которой О.В. Михайлов обращается с хронологией. Приведу два наиболее, на мой взгляд, выразительных примеры.

По мнению О.В. Михайлова, «в конце января 1856 г. он [Менделеев] написал кандидатскую диссертацию “Изоморфизм в связи с другими отношениями кристаллической формы к составу”, которую вскоре успешно защитил и получил учёную степень магистра» (с. 737). Должен разочаровать автора: Менделеев закончил Главный педагогический институт (ГПИ) в июне 1855 г. и спустя полгода после окончания института представлять кандидатскую диссертацию (то есть, по сути, дипломную работу, как бы мы сегодня сказали) было уже бессмысленно, да и физически крайне затруднительно, поскольку Дмитрий Иванович к январю 1856 г. уже месяца четыре находился вдали от Петербурга — он работал в должности старшего учителя математики и физики в гимназии при Ришельевском лицее в Одессе. В автоком-



ДМИТРИЕВ Игорь Сергеевич — доктор химических наук, директор Музея-архива Д.И. Менделеева, Музейный комплекс Санкт-Петербургского государственного университета.
isdmitriev@gmail.com

¹ Вестник РАН. 2014. № 8. С. 735–743.

ментарии к своим трудам Менделеев вспоминал: “В Главном педагогическом институте требовалась при выходе диссертация на свою тему — я избрал изоморфизм, потому что заинтересовался тем, что нашёл сам... и предмет казался мне важным в естественно-историческом отношении... Составление этой диссертации вовлекло меня более всего в изучение химических отношений. Этим она определила многое. Писана она была в 1854—1855 гг.” [3, с. 43, 44]. Труд Менделеева был опубликован в “Горном журнале” и вышел отдельным изданием, на которое и ссылается О.В. Михайлов, и которое было визировано цензором 28 января 1856 г.

Кроме того, никакой публичной защиты этой студенческой работы не проводилось, диссертацию прочитали два профессора ГПИ (геолог С.С. Куторга и химик А.А. Воскресенский), которые её одобрили, о чём и упомянули в отчёте за 1854/55 учебный год. Что же касается степени магистра, то её Менделеев получил по результатам защиты 9 сентября 1856 г. на заседании физико-математического факультета Санкт-Петербургского университета диссертации “Удельные объёмы”. Уверен, если бы О.В. Михайлову случилось приоткрыть первый том “Сочинений” Менделеева (не говоря уже о других, *профессиональных* исследованиях, посвящённых русскому учёному, например, [4]), он, возможно, с изумлением прочитал бы название этого тома — “Кандидатская и магистерская диссертации”. Более того, из работ профессиональных историков науки О.В. Михайлов узнал бы, что перед защитой магистерской диссертации Менделеев сдал магистерские экзамены по химии (три вопроса), физике (три вопроса) и минералогии (четыре вопроса), а также подал в Совет факультета университета письменные ответы на ещё три вопроса по химии.

Другой пример вольного обращения О.В. Михайлова с датами: «В 1897 г. на основе результатов переписи населения Менделеев издаёт книгу “К познанию России”, которая ещё при жизни автора выдержала четыре издания» (с. 741). Воистину, “порвалась дней связующая нить”. Первое издание этой книги тиражом 1800 экземпляров вышло в свет 12 июля 1906 г. и, поскольку оно было полностью раскуплено за 10 дней, в августе того же года вышло второе, в сентябре — третье, а в октябре — четвёртое издание (последнее тиражом 3000 экземпляров). После смерти Менделеева книга издавалась ещё два раза в 1907 и один раз в 1912 г.

Как и в предыдущем случае, упрёк автору в хронологической небрежности — отнюдь не мелочная придирка критика. Монография “К познанию России” наряду с “Заветными мыслями” стала своего рода духовным завещанием Менделеева и в известной мере его реакцией на трагические события Русско-японской войны и волне-

ний 1905 г., а не просто желанием обобщить результаты переписи 1897 г. Неслучайно в этих трудах, а также в “Дополнениях к познанию России” (первое издание вышло в 1907 г. после смерти автора) Менделеев неоднократно упоминает о необходимости принятия мер “к внутреннему успокоению государства”. А первое издание “К познанию России” было предназначено для распространения главным образом среди членов Государственной думы.

Вообще, для историка (а О.В. Михайлов в данной статье выступает именно в роли историка) вопрос о хронологической точности — не пустяк. Он так же важен, как для химика вопрос о составе, свойствах и прочих характеристиках соединений, с которыми тот работает.

Не менее прост и по-своему оригинален автор также в обращении с упоминаемыми им героями. Ограничусь опять-таки двумя выразительными примерами. О.В. Михайлов упорно (с. 735, 739) величает профессора ботаники А.С. Фаминцына ректором Санкт-Петербургского императорского университета (СПБИУ), который в действительности таковым никогда не был. Второй пример более занимательный. По мнению О.В. Михайлова, “толчок к этому (интересу Менделеева к нефти) дал не кто иной, как петербургский миллионер В.А. Коркунов” (с. 740). Не могу не разделить любовь автора к продукции известной шоколадной фирмы, но, увы, должен снова его огорчить: Менделеев сотрудничал не с мифическим петербургским миллионером В.А. Коркуновым, но с Василием Александровичем Кокоревым (1817—1889), которого очень уважал и которому действительно не раз приходил на помощь.

К сказанному нелишне добавить весьма вольное обращение автора с цитатами. Иногда это воспринимается как мелкая небрежность, не меняющая смысла фразы, но размывающая стилистику высказывания. Примером могут служить приводимые в статье отзывы Л.Н. Толстого и Д.И. Менделеева друг о друге. В редакции О.В. Михайлова: «Известно его [Менделеева] высказывание о Л.Н. Толстом: “Он гениален, но глуп”. Впрочем, Толстой отзывался о Менделееве с неменьшей неприязнью: “У него есть много интересных материалов, но выводы ужасающе глупы”» (с. 738).

В мемуарах, откуда взяты эти цитаты, выражения более жёсткие и колоритные. Из отзыва Л.Н. Толстого о книге Менделеева “К познанию России”: “В его книжке много интересного материала, но его выводы ужасают своей глупостью и пошлостью” [5, с. 193]. Из воспоминаний И.Д. Менделеева об отце: «Льва Толстого отец знал менее (Достоевского) и отзывался о нём резко. “Гениален, но глуп, — говорил о нём отец, — не может связать логически двух мыслей — всё го-

лые субъективные построения, притом не жизненные и больные» [6, с. 355].

Но иногда авторские цитатные вольности вызывают улыбку. Я, в частности, имею в виду версию известных строк А.С. Грибоедова: «он химик, он ботаник, механик и матрос» (с. 737). В «Горе от ума» вместо частушечного «механик и матрос» несколько иначе:

«... Он химик, он ботаник,
Князь Фёдор, мой племянник».

Теперь обращусь к смысловым моментам. Автор упоминает о нескольких эпизодах в жизни своего героя. И каждый раз — особенно когда речь идёт о весьма значимых для биографии Менделеева событиях — их оценки О.В. Михайловым отличаются поразительной поверхностностью и односторонностью. Приведу только один пример: неизбрание Менделеева в Петербургскую академию наук. Событие это, как было показано мною в другой работе [7], весьма сложное и многогранное. Приступая к его рассмотрению, О.В. Михайлов констатирует: «Итак, после знаковых открытий в химии и физике, сделанных Менделеевым в 60–70-е годы XIX в., он стал весьма вероятным претендентом на членство в Императорской Санкт-Петербургской академии наук» (с. 738). А за какие, собственно, открытия Дмитрий Иванович получил такой статус? Уверен, что ответ многим покажется очевидным: в первую очередь за открытие Периодического закона! Но это с нашей, сегодняшней точки зрения. Тогда же, в начале 1880-х годов, ситуация с признанием менделеевского открытия выглядела совсем не так. Весьма критически даже после открытия галлия (1875) к работам Менделеева над Периодическим законом были настроены Ш.-А. Вюрц, Г. Копп, А. Кекуле, Р. Бунзен, А.Э. Сент-Клер Девиль, М. Бертелло и многие другие известные учёные. Да что говорить об иностранных учёных, если сам Дмитрий Иванович наиболее последовательно провёл «начало периодичности», подчинив этому началу всю логику изложения химии элементов, лишь в пятом (1889) издании своего учебника «Основы химии».

В России признание Периодического закона шло ещё более вяло, чем на Западе. Так, в мае 1874 г. В.Ю. Рихтер опубликовал «Учебник неорганической химии по новейшим воззрениям», в котором изложение строилось на основе Периодической системы. Другим примером использования (хотя и не вполне последовательного) закона периодичности в учебной литературе служит «Учебник химии» преподавателя Первого реального училища в Петербурге С.И. Ковалевского (<http://philosophy.spbu.ru/1697/9150> - _ftn44). Вот, собственно, и всё.

Но приведу характерный пример иного рода. В 1876 г. вышел русский перевод американского руководства по химии, составленного профессором химии и минералогии Гарвардского университета Джозайей Куком, с многообещающим названием «Новая химия» [8]. Редактором перевода был А.М. Бутлеров, которого книга Кука привлекла широким использованием структурных представлений и формул, но который даже не подумал включить в неё хотя бы несколько слов о Периодическом законе, хотя редакторские примечания в русском издании имеются.

И дело здесь не в неприязненном отношении коллег к Менделееву или в их консервативной узколобости. Большинство химиков того времени относились к проблеме рациональной классификации элементов с полным равнодушием. В глазах значительной части химического сообщества это был, скорее, натурфилософский вопрос, нечто из области высших созерцаний, к тому же сильно отягощённый приоритетной полемикой и разного рода спекуляциями о первичной материи, сложности элементов и другими малодоказуемыми вещами. В целом же в науке второй половины XIX столетия статус классификационных поисков, независимо от глубины использовавшихся таксономических принципов и прогностических успехов предлагавшихся схем и систем, был относительно невысок. К примеру, в конце 1869 г. Н.Н. Зинин, знакомый с первой публикацией Менделеева о Периодическом законе, назидательно посоветовал автору: «...Пора заняться работать» [9, с. 99, 100]. Однако, прочитав в феврале 1871 г. статью Менделеева «Естественная система элементов и применение её к указанию свойств неоткрытых элементов», воодушевился и написал Дмитрию Ивановичу сердечное письмо с похвалой: «Очень, очень хорошо, премного отличных сближений, даже весело читать» [10, с. 69–101]. Для естествоиспытателя того времени это была именно «весёлая наука» с преотличными сближениями, не более.

Анализ физико-химической литературы конца 1870-х — начала 1880-х годов показывает, что учение о периодичности было разработано Д.И. Менделеевым в это время настолько, насколько позволял уровень современных ему знаний. И всё же оно тогда не проникло ещё должным образом в сознание большинства химиков, видевших в Периодической системе лишь одну из многочисленных классификаций элементов. Даже открытие галлия существенно не изменило этой ситуации.

В представлении об избрании Менделеева в экстраординарные академики, подписанном А.М. Бутлеровым, П.Л. Чебышевым, Ф.В. Овсянниковым и Н.И. Кокшаровым [6, с. 201, 202], кроме открытия Периодического закона (чему посвящены почти 60% текста этого документа), упоминаются также работы Дмитрия Ивановича

по нефти, основной результат которых — отмена правительством акциза на нефтедобычу. Заслуга Менделеева в этом деле бесспорна [11] (http://philosophy.spbu.ru/1697/9150 - _ftn53), но его выбирали не в Мануфактурный совет Министерства финансов, а в Академию наук, и не по экономике, а по химии, хоть и прикладной.

Вместе с тем в представлении умалчивается о грандиозном цикле исследований Менделеева 1870-х годов по физике газов, и, по-видимому, неслучайно. Эти работы не привели ни к каким убедительным выводам [12], а предложенное Менделеевым уравнение состояния идеального газа, которое, по уверениям авторов “Летописи”, является “основным результатом [его] работы... в области физики газов” [4, с. 179], к тому времени (1874–1875) уже использовалось в литературе [13], а потому его выведение Менделеевым могло иметь лишь методическое значение. Наконец, и это главное, так называемые “положительные отступления” от закона Бойля–Мариотта при очень низких давлениях, которым Менделеев в своих поисках мирового эфира придавал особое значение, впоследствии не подтвердились.

12 марта 1874 г. академик Н.Н. Зинин представил Физико-математическому отделению Петербургской академии наук записку Д.И. Менделеева и М.Л. Кирпичёва об упругости разреженного воздуха. Отделение постановило передать рукопись на рецензию академикам Н.Н. Зинину и Г.И. Вильду, которые, внимательно изучив изложенные в ней результаты (главный состоял в том, что при низких давлениях имеют место отклонения от закона Бойля–Мариотта) и осмотрев аппаратуру, на которой эти результаты были получены, заявили (9 апреля 1874 г.), что они не в состоянии вынести определённое суждение о справедливости приведённых в статье выводов, а потому предлагают напечатать записку Менделеева и Кирпичёва в “Бюллетене” академии “под ответственность авторов за её содержание”. Дальнейшие исследования полностью подтвердили сомнения Зинина и Вильда: все якобы наблюдавшиеся “отклонения” от закона Бойля–Мариотта не превосходили погрешностей измерения. Когда же настал день выборов, Менделееву припомнили все его ошибки и просчёты (в том числе его утверждения о невозможности существования пропилового спирта, об открытии им нового нитрила, оказавшегося в итоге обычным анилином и т.д.), которые были детально рассмотрены в анонимной статье “О избрании Менделеева”, опубликованной в газете “St.-Peterburger Zeitung” в декабре 1880 г. [7].

Уже из всего вышесказанного видно, насколько неочевидны были заслуги Менделеева для значительной части российского и зарубежного научного сообщества на момент выдвижения его в Академию наук. В *это время* в глазах большинства

русских учёных и образованной публики Менделеев был известным профессором, интересы которого выходили за рамки чистой науки, и прежде всего автором замечательного учебника по химии. Именно “Основы химии” сделали Менделееву имя в России, понимание же фундаментальной научной значимости Периодической системы пришло позднее.

Я пишу об этом, разумеется, не для того, чтобы принизить научные заслуги Менделеева, а чтобы продемонстрировать, что признание выдающегося научного достижения требует времени и нельзя судить коллег учёного-первооткрывателя по сегодняшним меркам. Поэтому я бы поостерегся называть 11 ноября 1880 г. (дата выборов в академию) “чёрным днём” отечественной науки (с. 738). Это мнение журналистов и публицистов. Что же касается химиков того времени, то те из них, кто считал Менделеева достойным академического кресла (а это отнюдь не все отечественные химики), исходили либо из понимания значимости открытия им Периодического закона (и таковых было немного, скорее всего, Бутлеров был среди них), либо (как, например, В.В. Марковников) — из заслуг Менделеева как автора учебников (“Органической химии” и особенно “Основ химии”) и химико-технологических работ.

По мнению О.В. Михайлова, “вероятная причина” избрания Менделеева в Академию наук состояла в том, что Дмитрий Иванович “не скрывал своего резко негативного отношения к тем безобразиям, которые творились в ту пору в недрах академии” (с. 738). Во-первых, хотелось бы знать (хоть намёком), о каких именно безобразиях идёт речь. Недостатков и трудностей (вызванных как научными разногласиями, так и столкновением личных интересов) в работе академии было немало, но что касается “безобразий” — это сильно сказано! Кстати, до своего избрания в Академию наук Менделеев, по крайней мере, публично, ни о каких академических “безобразиях” не высказывался. Позволю себе заметить, что когда речь идёт об оценке сложной и многогранной деятельности академии, лучше обращаться не к публицистической литературе, старой и новой, а к серьёзным историко-научным исследованиям. Во-вторых, даже если признать справедливость тезиса О.В. Михайлова, то тогда позиция академии выглядит вполне логичной: коли профессору Менделееву не нравятся академические порядки, так зачем он дал согласие баллотироваться?

Впрочем, в одном О.В. Михайлов, на мой взгляд, прав: личный момент в этой печальной истории действительно присутствовал, но в не столько иной форме. Академия наук делала немало полезного для страны и для науки, её члены отнюдь не служили элементами декора академических интерьеров, но Менделеев по своему

таланту, а главным образом, по темпераменту и широте натуры, не вмещался в рамки тогдашней академии, это учреждение было не для него, ему Господь выдал билет на другой поезд, и в мягком вагоне с надписью “Физико-математическое отделение АН” ему делать было нечего, там ехали другие люди, очень достойные и талантливые, но... другие.

С Менделеевым было нелегко. Во-первых, он был человеком весьма резким, чтобы не сказать сильнее, хотя и отходчивым. При этом под своё поведение он подвёл научную базу: “Ругайся себе направо-налево и будешь здоров. Вот Владиславлев² не умел ругаться, всё держал в себе и скоро помер” [14, с. 48]. Прав был мудрый Дмитрий Иванович: воспитанный человек в России, стране трудного счастья, не жилец. Во-вторых, что, пожалуй, важнее, Менделеев был слишком переменчив в своих увлечениях и настроениях, а иногда капризен, слишком азартен и упрям, слишком ненадёжен как, говоря современным языком, деловой партнёр (история с исследованием газов — наглядный тому пример [7, с. 412, 413]). И это настораживало окружающих. Поэтому в “академии учёного труда” (как охарактеризовал Петербургскую АН её неперемный секретарь К.С. Веселовский, а я бы добавил — *совместного* научного труда) “вольный казак” Менделеев (как он охарактеризовал себя сам) с его, как бы помягче сказать, “патриархальной бесцеремонностью” (фраза Бутлерова о Зинине), способный в любую минуту бросить начатую совместную работу, потому что ему “так лучше”³, разумеется, был лицом нежелательным.

Менделеев не вписывался (причём не только своими манерами) в академический стиль. Да и часто ли в истории какая-либо корпорация, поставленная перед альтернативой “талантливый — покладистый”, делала выбор в пользу первого (если, конечно, на то не было каких-то форс-мажорных обстоятельств или неопровержимого давления извне). Отдельный человек (скажем, лидер или руководитель) такой выбор сделать может, корпорация — практически никогда. Академия по самой своей природе не может быть только собранием избранных (по таланту, занятиям и профессиональным достижениям), она может быть только собранием отобранных *par excellence*. И это не хорошо и не плохо. Это — естественно, как снег на полюсе. Внутри академии есть свои уставные и внеуставные каноны, трудно поддающиеся изменению, тем более в России, которая не имела за-

падного опыта авторитарного плюрализма, а потому многие вопросы здесь ставились с солдатской прямотой: или-или. “Это всё вы виноваты! — кричал Веселовский Бутлерову ещё в мае 1879 г. — Вы протасили в Академию Фаминцына; вы хотите, чтобы мы спрашивали позволения университета (С.-Петербургского) для наших выборов. Этого не будет. Мы не хотим университетских. Если они и лучше нас, то нам всё-таки их не нужно. Покамест мы живы — мы станем бороться” [7, с. 416]. Академическая корпорация охраняла свои рубежи от внедрения пассионариев из другой конкурирующей корпорации.

Не менее сложна и многоаспектна история ухода Менделеева из Санкт-Петербургского университета, на чём, к сожалению, я не имею возможности здесь останавливаться. Отмечу только, что дело не в позиции министра народного просвещения И.Д. Делянова, как следует из статьи О.В. Михайлова (с. 739). Дмитрий Иванович и прежде не раз порывался уйти из университета. Он устал, устал от азарта газетной шумихи по поводу его неизбрания в академию, от непонимания со стороны значительной части российской интеллигенции, не воспринимавшей его выступлений за развитие национальной промышленности и весьма своеобразно понимавшей назначение науки⁴, от нараставших студенческих волнений в университете, от сочувствующего ракушечного шёпота коллег за спиной. Разумеется, сыграли свою роль и другие обстоятельства, в частности, поведение некоторых политически активных демагогов из числа студентов (“дрянь людишки”, как назвал их Менделеев), которые не гнушались никакими средствами, чтобы спровоцировать митинги и другие проявления недовольства [16, с. 344—349]. Но это уже отдельная тема.

Замечу попутно: Менделеев никак не мог подать прошение об отставке “ректору СПбИУ А.С. Фаминцыну” (с. 738) не только потому, что тот никогда таковым не был, но и потому, что в 1889 г. вообще ушёл из университета.

Если же говорить в целом о содержании статьи О.В. Михайлова, то приходится констатировать, что её главный вопрос — “что лежит в основе

² М.И. Владиславлев (1840—1890) — философ, с 1887 по 1890 г. ректор Петербургского университета.

³ «Мой покой и моё “лучше” я считаю важнее и существеннее... приличий или огорчения... других», — признавался прямодушный Менделеев секретарю Русского технического общества Ф.Н. Львову [6, с. 185].

⁴ Характерным примером могут служить взгляды А.И. Герцена, в понимании которого наука — лишь средство для перестройки общества. Распространение образования и науки в России играет, по мнению Герцена и многих “революционных демократов”, огромную “очищающую роль”, они очищают мысль “от всего традиционного хлама” [15, с. 348]. Потому-то столь сложен и небыстр был процесс профессионализации науки в России, что “передовая” общественная мысль, заметно, к огорчению Менделеева, влиявшая на студенческие головы, воззрилась на науку как на своего рода очистительную клизму Просвещения. Самое главное, чего не поняли Герцен и многие его единомышленники в западной науке, так это именно её профессионализма.

[менделеевской] разносторонности”? (с. 737) — увы, так и остался без ответа.

Статья О.В. Михайлова содержит много неточностей, ошибок и сомнительной информации, в рамках журнальной публикации всего не перечислить. В заключение я хотел бы указать на одну забавную мелочь в списке литературы: ссылка [9] (на кандидатскую диссертацию Менделеева) дана в современной орфографии, тогда как ссылка [10] (на докторскую) почему-то в старой. Вроде бы ерунда, но эта мелкая деталь (разумеется, вкупе со всем остальным) очень хорошо характеризует небрежно-торопливый стиль работы автора.

Я понимаю, что выражаю давно устаревшую ветхую позицию, в соответствии с которой научная статья должна отличаться от блестящей речи за праздничным столом прежде всего знанием автором предмета, о котором он пишет, и тем, что именуется “элементом новизны”, тогда как во втором случае вполне уместно закончить пламенный спич признанием, что говорящему “хочется верить”, будто его герой “прославил своё имя и на этом, в общем-то незатейливом поприще” (с. 742) изготовления чемоданов. Оба жанра имеют право на существование, но, так сказать, в параллельных мирах.

Думаю, если бы автор проявил в своей работе больше научной добросовестности, то в этом было бы больше уважения к памяти Д.И. Менделеева, чем во многих восторженных эпитетах в адрес русского учёного.

ЛИТЕРАТУРА

1. http://www.kstu.ru/emp_detail.jsp?id=1078026
2. Михайлов О.В. Легенды и были о Менделееве, русской водке и сверхкритических флюидах // Вестник РАН. 2013. № 4.
3. Менделеев Д.И. Список моих сочинений // Архив Д.И. Менделеева. Т. 1. Автобиографические материалы. Сборник документов / Сост. Менделеева М.Д. и Кудрявцева Т.С. Под общей ред. Щукарева С.А. и Валка С.Н. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1951.
4. Добротин Р.Б., Карпило Н.Г., Керова Л.С., Трифонов Д.Н. Летопись жизни и деятельности Д.И. Менделеева / Отв. ред. Сторонкин А.В. Л.: Наука, 1984.
5. Гольденвейзер А.Б. Вблизи Толстого / Предисл. Ломунова К.Н. Примеч. Мишина В.С. М.: Гослитиздат, 1959.
6. Тищенко В.Е., Младенцев М.Н. Дмитрий Иванович Менделеев, его жизнь и деятельность. Т. 2. Университетский период, 1861–1890 гг. / Отв. ред. Соловьёв Ю.И. М.: Наука, 1993.
7. Дмитриев И.С. Скучная история (О неизбрании Д.И. Менделеева в Императорскую академию наук в 1880 г.) // Дмитриев И.С. Человек эпохи перемен. Очерки о Д.И. Менделееве и его времени. СПб.: Химиздат, 2004. Электронная версия: <http://philosophy.spbu.ru/1697/9150>
8. Кук Д. Новая химия / Пер. с англ. под ред. Бутлерова А.М. СПб.: Знание, 1876.
9. Фигуровский Н.А. Дмитрий Иванович Менделеев (1834–1907). М.: Изд-во АН СССР, 1961.
10. Менделеев Д.И. Периодический закон. Основные статьи / Редакция, статьи и примечания Кедрова Б.М. М.: Изд-во АН СССР, 1958.
11. Дмитриев И.С. “Особая миссия” Менделеева — аргументы и факты // Вопросы истории естествознания и техники. 1996. № 3.
12. Керова Л.С., Кротиков В.А., Добротин Р.Б. Исследования Д.И. Менделеева в области физики газов // Вопросы истории и методологии химии. Сб. статей / Под ред. Добротина Р.Б. Вып. 2. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1978.
13. Киселёва М.Н. К истории открытия уравнения состояния идеального газа // Менделеевский сборник / Под ред. Дмитриева И.С. СПб: Изд-во СПбГУ, 1999.
14. Д.И. Менделеев в воспоминаниях современников / Сост. Макареня А.А., Филимонова И.Н., Карпило Н.Г. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Атомиздат, 1973.
15. Герцен А.И. Ещё раз Базаров. Письмо второе // Герцен А.И. Собр. соч. в 30 томах. Т. 20. Кн. 1. М.: Худож. лит-ра, 1960.
16. Бельский М.Д. Менделеев. М.: Молодая гвардия, 2010.

DOI: 10.7868/S0869587315040076

Начиная с мирового экономического кризиса 2008–2009 гг. дискуссии о назревшей необходимости изменения форм существования мирового хозяйства приобрели особую остроту и актуальность. Неопределённость будущего, связанная в краткосрочной перспективе с проблемами экономики объединённой Европы, зависимостью мировой конъюнктуры от состояния США и крупнейших развивающихся стран, внутренней нестабильностью целых регионов и континентов, в долгосрочной перспективе обуславливается фундаментальными факторами. Рыночный капитализм с присущими ему принципами и механизмами, по оценкам многих экспертов, исчерпал себя и должен эволюционировать, открывая дорогу системе хозяйствования иного типа. Один из вариантов того, какой должна быть такая система, её основания и имеющиеся уже сегодня предпосылки, а также контуры российской стратегии в новых реалиях описываются в публикуемой ниже статье.

ТЕХНОГЕННЫЕ РЕСУРСЫ В КОНТЕКСТЕ НОВОЙ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ РОССИИ

Г.Г. Малинецкий

ДИНАМИКА И РИСКИ ГЛОБАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Перспективу ближайших 30 лет будут определять два взаимосвязанных и влияющих друг на друга процесса. Первый — это глобальные демографический, технологический и ресурсный переходы, которые в совокупности приведут к изменению алгоритмов развития человечества. Вторым — переход ведущих стран мира к шестому технологическому укладу. *Глобальный демографический переход* — это резкое, то есть совершающееся в пределах жизни одного поколения, изменение закона роста населения планеты в результате замены репродуктивной стратегии “высокая рождаемость — высокая смертность” стратегией “низкая рождаемость — низкая смертность” [1]. Очевидные следствия подобной демографической трансформации — повышение средней ожидаемой продолжительности жизни жителей Земли, старение населения и рост внимания к меди-

цинским проблемам — наблюдаются уже сегодня. В развитых странах первый показатель увеличился в среднем на 10–14% (прибавка составила от 10 до 20 лет), доля пожилых (старше 60 лет) достигает 20%, а каждая третья публикуемая в мире научная статья посвящена проблемам медицины.

Глобальный технологический переход — это изменение вектора развития экономики и технологий, то есть переход от *линейного развития* к стабилизации макропеременных, характеризующих мировое хозяйство и глобальную систему (объём основных фондов, уровень загрязнения окружающей среды, уровень жизни, доля основных фондов в сельском хозяйстве и др. [2]), либо к режиму, который сейчас всё чаще называют *циклической экономикой* [3].

А. Смит, Д. Риккардо, Т. Мальтус считали, что развитие ограничено площадью суши, пригодной для хозяйственного освоения. Использование невозполнимых ресурсов, в частности угля — консервированной энергии фотосинтеза, сняло это ограничение. Появившаяся в 1913 г. технология синтеза аммиака Габера–Боша позволила организовать производство азотных удобрений и обеспечила многократный рост урожайности. Используя подобные достижения, линейная экономика обеспечивается замыканием положительной обратной связи: рост производства → рост потребления → расширение научных исследований и опытно-конструкторских разработок → снижение стоимости материалов и повышение эффективности технологических процессов → рост производства. Следствием этой линейной парадигмы развития является



МАЛИНЕЦКИЙ Георгий Геннадьевич — доктор физико-математических наук, заведующий отделом Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН.
gmalin@keldysh.ru

стратегия расширенного воспроизводства и “политика одноразовых стаканчиков”, в соответствии с которой нужно, чтобы люди покупали как можно больше товаров. Поэтому срок службы вещей должен быть небольшим, в идеале товар становится непригодным для использования сразу после окончания гарантийного срока. Сообразуясь с такими требованиями, крупнейшие мировые производители искусственно сокращают срок службы своей продукции, ещё на этапе разработки создавая предпосылки её быстрой деградации, что заставляет потребителя покупать новую вещь.

К настоящему времени возможности линейной экономики оказались исчерпаны — планета не выдерживает роста потребления с характерными для данного типа хозяйствования темпами [4–6]. Пределы роста уже превышены, и это с неизбежностью ведёт к технологическому кризису, который должен восстановить равновесие между потребностями и возможностями.

Чтобы оценить нагрузку на окружающую среду, эколог М. Вакернагель в 2002 г. ввёл понятие *экологический след* — площадь территории, необходимой для получения нужного количества ресурсов (продовольствия, древесины, руды и т.д.), производства соответствующих товаров и услуг, их потребления и переработки производимых мировым сообществом отходов (двуокись углерода, места под полигоны и т.д.). Начиная с 1980 г., потребности человечества превышают возможности планеты, на рубеже XXI в. этот разрыв составил уже более 20% [4]. Сегодня мы активно потребляем ресурсы, принадлежащие нашим детям и внукам.

Решить проблему нехватки ресурсов можно, перейдя к производству долговечных, в идеале вечных, а значит, отличающихся высоким качеством вещей. Экономическую политику сегодня следует оценивать не по росту внутреннего валового продукта, а по качеству управления накопленными запасами. Таковы главные принципы циклической экономики, отражающиеся в сентенциях: “не надо ремонтировать то, что не сломалось”, “не изготавливай то, что можно починить”, “не отправляй на переработку то, что можно восстановить”, и порождаемые ими логистический и транспортный императивы: “делай всё, что можно, на месте — во избежание упаковки и перевозки”, “конструируй изделия так, чтобы их было просто чинить и модернизировать”.

Должен отметить, что названные принципы и требования уже работают. В 2010 г. в Германии модернизировали 59 высокоскоростных поездов, выработавших за 15 лет эксплуатации свой ресурс, равный 15 млн. км. На модернизацию каждого поезда было потрачено 3 млн. евро, и это оказалось в 8 раз меньше стоимости новых поездов. В результате удалось сберечь 80% материалов

и, следовательно, избежать выплавки 16,5 тыс. т стали, 1180 т меди и связанного с этим образования 500 тыс. т отходов [3].

На рубеже XX в. Д.И. Менделеев сформулировал два завета, адресовав их следующему поколению. Первый состоит в том, что для России крайне важно добывать и перерабатывать нефть, однако топить нефтью так же неразумно, как топить ассигнациями. Второй указывает на крайнюю расточительность и опрометчивость однократного использования того, что извлекается из земли, — невозполнимые ресурсы следует использовать многократно. Именно сейчас и в мире, и в России возникла острая необходимость воплощать эти наказы в жизнь.

Теория *ресурсного перехода*, предложенная известным экономистом Л.Л. Каменик [7], предполагает, что в ближайшие десятилетия должна произойти революция в сфере использования ресурсов. Перед неолитической революцией люди столкнулись с острым ресурсным кризисом — технологии охоты и собирательства уже не могли прокормить человечество (например, на территории нынешней Москвы хватало места только для 50 семей охотников и собирателей). В ходе разразившегося кризиса погибло, по некоторым оценкам, 90% населения Земли, однако 10% смогли найти путь в будущее. Этот путь был связан с возделыванием зерновых культур и одомашниванием животных, благодаря чему стало возможным решить проблему голода. Человечество и в дальнейшем продолжало реализовывать данную стратегию: 33 тыс. лет до н.э. была одомашнена собака, 11 тыс. — овца, 9 тыс. — свинья, 8 тыс. — коза и корова, 6 тыс. — курица, 4 тыс. — лошадь, утка и одnogорбый верблюд. Статистика показывает, что 97% водных организмов — 430 видов — стали разводиться не раньше XX в., 106 из них — в последние 10 лет. В 2013 г. водные фермы произвели больше рыбы, чем сухопутные — говядины. Заметим, что рыба создаёт меньшую нагрузку на окружающую среду по сравнению, например, с рогатым скотом, вырабатывающим метан. Таким образом, сегодня океан начинает кормить человека, и при этом создаётся гораздо меньше отходов, чем в случае сухопутного сельского хозяйства [8].

В соответствии с подсчётами ряда экспертов, в конечный продукт сейчас переходит 2% вещества, добываемого из земли, а 98% тем или иным способом превращается в отходы. Используемые человечеством технологии удивительно расточительны. Может ли быть иначе? Может! Это убедительно показывают 3D-принтеры, основанные на так называемых аддитивных технологиях. При наличии компьютерного образца создаваемый объект печатается слой за слоем, затем слои спекаются при периодическом нагревании или становятся твёрдыми под действием излучения (иногда подобным образом действуют стоматоло-

ги, пломбируя зуб и освещая цемент синим светом). Количество материалов, применяемых при такой печати, очень велико — от специальных полимеров до порошка титана или живых клеток, с помощью которых “изготавливаются” органы из клеток конкретного пациента (технология превращения обычных клеток в стволовые и последующего преобразования в клетки данного органа была предложена лауреатом Нобелевской премии по физиологии или медицине С. Яманакой). Объекты печатаются весьма точно — вплоть до нескольких микронов, вместе с тем сам процесс занимает достаточно много времени. Тем не менее, и это в данном случае главное, основная часть вещества при использовании описываемой технологии производства становится частью создаваемого предмета, и только небольшая доля — несколько процентов — идёт в отходы. Именно такие технологии представляются перспективными.

В соответствии с теорией Л.Л. Каменик в будущем роль добывающего сектора в структуре экономики существенно уменьшится, подобно тому, как в результате неолитической революции многократно сократился вклад охоты и собирательства в удовлетворение человеческих потребностей. Произойдёт переориентация хозяйства с невозобновляемых на возобновляемые ресурсы, на более эффективное и бережное использование уже добытого. Основу производства будет составлять использование техногенных ресурсов, возникших в результате человеческой деятельности.

ИГРА УКЛАДОВ

В соответствии с теорией выдающегося русского экономиста Н.Д. Кондратьева войны, революции, кризисы, иные масштабные и коренные переломы определяются большими волнами технологического развития, занимающими около 40 лет. Периодичность обуславливается сменой технологических укладов. Уклады различаются в зависимости от отраслей экономики, которые играют роль локомотивов хозяйственной деятельности в рассматриваемый период, а также ключевых преимуществ, которыми обладают страны, сумевшие наиболее полно реализовать представившиеся возможности.

Логика смены экономических укладов и циклов в мировой экономике является достаточно строгой, и это открывает многообещающие перспективы для их анализа и прогнозирования. Например, сотрудники Института мировой экономики и международных отношений РАН В.И. Пантин и В.В. Лапкин смогли предсказать наступление мирового кризиса 2008–2009 гг. за 5 лет до его начала с точностью в несколько месяцев [9].

Исследования показывают, что смена технологических укладов чревата геополитической неста-

бильностью, новым переделом мира [10, 11]. Менее развитые и отстающие на данном историческом отрезке страны получают шанс на новой технологической волне изменить своё место в мир-системе, а развитые страны прилагают огромные усилия, чтобы удержать занятые ранее позиции.

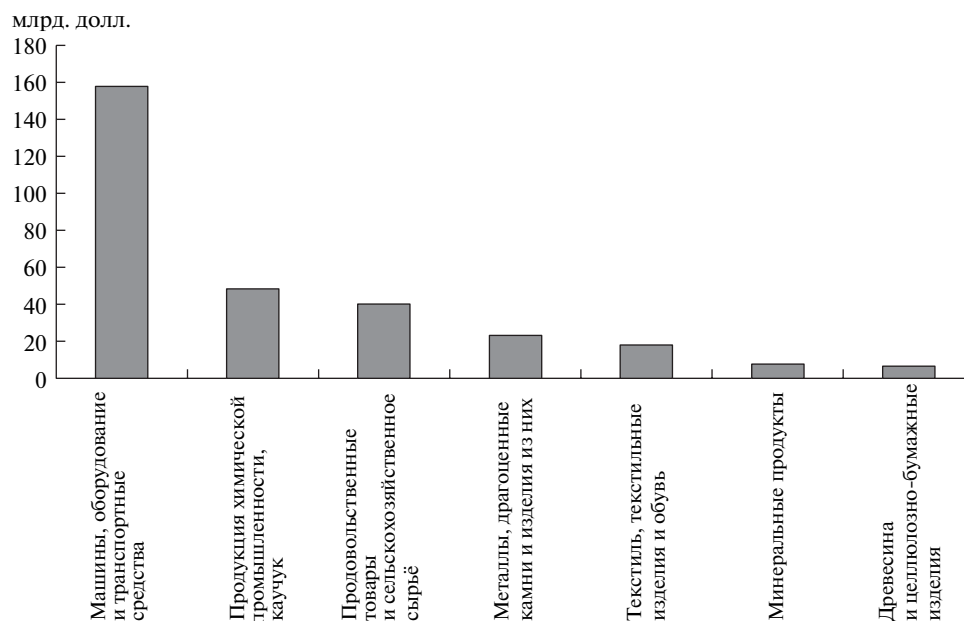
По классификации С.Ю. Глазьева, технологическое развитие с 1880 по 1930 г. определялось третьим укладом, главными технико-технологическими достижениями которого стали электродвигатель и выплавка стали, а ядром — электротехническое и тяжёлое машиностроение, производство и прокат стали, строительство линий электропередач и неорганическая химия [12].

В рамках продлившегося приблизительно полвека четвёртого уклада ключевую роль играл двигатель внутреннего сгорания, ведущими отраслями были автомобиль- и тракторостроение, цветная металлургия, производство товаров длительного пользования, синтетические материалы, органическая химия, добыча и переработка нефти. Истинный смысл сталинских пятилеток состоял в том, чтобы освоить возможности третьего и четвёртого технологических укладов. В 1930-е годы И.В. Сталин рассматривал предстоящую мировую войну как войну моторов и не ошибся.

С 1970–1980-х годов и до настоящего времени экономику стран-лидеров определяет пятый технологический уклад, опирающийся на прогресс микроэлектроники. К числу локомотивных отраслей относятся электронная промышленность, телекоммуникации, вычислительная техника, а также манипуляция массовым сознанием (если раньше производство товаров в основном диктовали насущные потребности людей, то пятый уклад предполагает искусственное формирование потребностей). К сожалению, наша страна, втянувшись в бесплодные разрушительные реформы, не воспользовалась возможностями этого уклада, что привело к тяжёлым социально-экономическим последствиям.

В настоящее время наиболее экономически развитые и политически влиятельные страны мира переходят к шестому технологическому укладу. Его основой являются междисциплинарные научные подходы, в частности, *теория самоорганизации*, или *синергетика* [13], а также социальные, когнитивные, биологические, информационные и нанотехнологии (socio-, cognito-, bio-, info-, nanotechnology — SCBIN) [14]. По мнению экспертов, технологиями, имеющими решающее значение для дальнейшего развития, могут стать биотехнологии, новая медицина, нанотехнологии, робототехника, новое природопользование, полномасштабные технологии виртуальной реальности, высокие гуманитарные, а также когнитивные технологии.

Можно сказать, что сегодня происходит “пересдача карт истории”, определяется, какие тех-



Структура российского импорта, 2013 г.

нологии будут задавать направление прогресса, кто станет продавцом, а кто покупателем в следующие десятилетия, какие страны взлетят на новой волне, а какие станут аутсайдерами. Мировой финансово-экономический кризис, первая волна которого имела место в 2008–2009 гг., во многом связан с тем, что промышленность пятого уклада уже не даёт прежней отдачи, а новые отрасли не готовы к освоению крупных финансовых средств. Поэтому наступивший период является переломным.

Как свидетельствует экономическая история, геополитическая нестабильность обусловлена также сменой основного, наиболее широко используемого энергоносителя [10, 11]. Первую и Вторую мировые войны часто называют “войнами нефти против газа”, но сегодня как для мира в целом, так и для России наступает окончание нефтяной эры. Доказанные запасы нефти в нашей стране составляют 12,5 млрд. т при добыче в 500 млн. т в год, соответственно, их хватит на 25 лет. Отсюда очевидной становится зависимость не только благополучия, но и выживания нашей страны от появления конкурентоспособной отечественной обрабатывающей промышленности в дополнение к добывающей.

ВТОРАЯ ХОЛОДНАЯ ВОЙНА, НОВАЯ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ РОССИИ И РЕЦИКЛИНГ – СОВЕТСКИЕ УРОКИ

В настоящее время западные государства принимают меры, направленные на изоляцию России, вытеснение её на периферию геополити-

ческого пространства. Динамика мировых опросов общественного мнения показывает, что в течение последних семи лет шло формирование антироссийских настроений. В соответствии с полученной статистикой по более чем 66 странам, в ноябре 2013 г. к США хорошо относились 63% опрошенных, к Китаю – 50%, к России – 36% (плохо – 39%). Россию последовательно и сознательно превращали в страну-изгоя. Запад искал нового врага и готовил вторую “холодную войну”, которая началась в 2014 г. после первых попыток России отстаивать национальные интересы.

Введённые против России экономические санкции заставили проанализировать структуру российского импорта (рис.). В частности, по данным Росстата, наша страна закупила в 2013 г. машин и оборудования на 158 млрд. долл., продукции химической промышленности и каучука – на 48 млрд. долл., продуктов питания – на 40 млрд. долл. Общие затраты на импорт того, что Россия могла и должна была бы производить сама, в 2013 г. составили около 300 млрд. долл.

Вторая проблема после импортозависимости – отсутствие эффективной системы финансовых институтов. Кредиты реальному сектору экономики даются под 20% годовых и даже более. В то же время мировой опыт показывает, что обрабатывающая промышленность выживает, когда годовые проценты по кредиту не превышают 12%, а высокотехнологичный сектор – при ставке 3–4% в год. Поэтому, начиная с гайдаровских времён, крупнейшие российские компании были вынуждены кредитоваться за границей, где процент по кредиту во много раз ниже, чем на родине. Сего-

дня очевидно, сколь большие риски связаны с подобной организацией бизнес-деятельности.

В связи со сложившейся ситуацией мне представляется резонным вспомнить опыт советской мобилизационной экономики, благодаря которой стало возможным не только удовлетворить острые насущные потребности, но и решить ряд задач развития. Опираясь на этот опыт, можно составить перечень необходимых для преодоления кризисного положения действий. Первоочередными из них должны быть:

- немедленный отказ от гайдаровской парадигмы “всё, что будет надо, купим”;
- переход в подавляющем большинстве отраслей к принципу “Россия делает сама”;
- воссоздание управленческих структур советской эпохи — Госплана, Госснаба, Госкомцена и Государственного комитета по науке и технике: новые информационные технологии гарантированно позволяют осуществлять эффективное планирование и государственное управление на несравненно более высоком уровне, чем раньше;
- создание и использование эффективного и ответственного корпуса экспертов, отказ от услуг зарубежных экспертов в жизненно важных для страны областях;
- систематизация, мониторинг и оценка основных ресурсов страны, включая техногенные, обеспечение прозрачности материальных потоков на основе новых информационных технологий;
- создание научных основ, конкретных технологий и отдельных предприятий в ряде регионов, позволяющих перейти от линейной экономики к циклической.

Становление шестого уклада предполагает глубокую трансформацию всей техносферы, поэтому трудно однозначно выделить именно те области, в которых произойдут наиболее масштабные перемены. Однако некоторые тенденции складываются уже сегодня, и на них следует обратить внимание. Здесь важно понимать, что за понятием “шестой технологический уклад” не стоит чётко очерченной и упорядоченной концепции, подразумевающей однозначное выделение его признаков и конкретного содержания. Речь, скорее, идёт об ожиданиях и прогнозах, и только будущее покажет, какие из них удастся воплотить в реальность, а какие — нет. Кроме того, общие для всех тенденции не избавляют отдельные страны и регионы от необходимости искать свой собственный, уникальный путь в будущее. Отражением этого является выдвинутая В.В. Ивановым концепция *перспективного технологического уклада и экологии технологий* [15, 16]. Тем не менее уже сегодня можно с большой долей вероятности утверждать, что уклады, которые определяют облик эко-

номики XXI в., будут существенно отличаться от предыдущих. Ранее важнейшими целями экономического развития были прибыль, вовлечение всех доступных ресурсов в хозяйственный оборот и создание инструментов для защиты сложившейся социально-экономической системы. Реалии наступившего столетия иные. Важнейшим критерием успешности экономики страны или региона становится не прибыль, а такие показатели, как средняя ожидаемая продолжительность жизни, средняя продолжительность активной жизни, уровень реализации возможностей людей. В соответствии с концепцией устойчивого развития ресурсы, которыми мы располагаем, рассматриваются не только как то, чем мы можем воспользоваться сейчас, но и как ценность, которую нужно сохранить для последующих поколений. Поэтому чем меньший объём ресурсов мы используем для удовлетворения своих потребностей, тем лучше.

Отличительными особенностями нынешнего периода являются также, во-первых, сравнительно небольшая доля людей занятых в сельском хозяйстве и в промышленности, во-вторых, изменение характера научных исследований и их роли в структуре современной экономики, называемой экономикой знаний. В предшествующие эпохи наука развивалась преимущественно стихийно, следуя внутренней логике и разделяемым учёными представлениям об общественном благе. Однако, поскольку в основе каждого технологического уклада лежат конкретные научные достижения, которые удалось воплотить в новые технологии, отвечающие потребностям текущего времени, постольку наука должна всё более чутко реагировать на общественный запрос.

Наконец, нужно понимать, что наступившее столетие будет прежде всего веком человека. Именно с реализацией возможностей отдельных людей, коллективов, организаций связаны и основные надежды, и главные риски новой эпохи. Чтобы убедиться в этом, достаточно обратить внимание на ведущую роль социальных технологий в платформе SCBIN. Более того, в современных российских условиях именно социальные технологии приобретают решающее значение. Если общество не научится выявлять талантливых людей уже в школе, давать им первоклассное образование и доверять соответствующие их потенциалу посты, оно обречено. В странах — мировых лидерах ситуация в этом отношении существенно лучше, чем в России.

Крайне важны для нашей страны когнитивные технологии. Способных людей нужно не просто учить, но учить быстро, эффективно передавая им те знания и навыки, которые действительно востребованы. Однако в России практически не

осталось вузов, осуществляющих на достаточно высоком уровне подготовку научно-технической и управленческой элиты. Здесь таится большая опасность, потому что многие современные технологии требуют очень высокого уровня общей и профессиональной культуры, без которой оказываются бесполезными самые современные обрабатывающие центры и вычислительные системы.

Перечисленные аспекты, как правило, упускаются из виду при обсуждении шестого технологического уклада, в то время как именно их учёт позволяет рассуждать более широко, мыслить не только в логике экономических циклов, но и заглядывать в обозримое будущее. Можно сказать, что, опираясь на общие представления о шестом укладе, российские учёные, инженеры, эксперты, политики должны сформулировать конкретное представление о перспективном технологическом укладе.

Говоря непосредственно о развитии хозяйственной деятельности, следует обратить особое внимание на механизацию и автоматизацию, которые должны исключить ручной труд, монотонную умственную деятельность, рутинные процедуры. В сфере рециклинга подобное замещение проявляется особенно отчётливо. Например, сортировку мусора ведущим мировым фирмам удалось сделать сферой высоких технологий, не требующей непосредственного участия человека. Должна быть решена проблема дефицита пресной воды, острый недостаток которой, по прогнозам, к 2020 г. будут ощущать более 1 млрд. человек. Сегодня слишком много воды используется для мытья и очистки машин и механизмов, поэтому нужно добиться того, чтобы поверхности не загрязнялись. Таким свойством обладают материалы с “эффектом лотоса” — сверхгидрофобные и имеющие специальную структуру неоднородностей на наноуровне.

Важное направление — создание и производство новых разлагаемых материалов, которые подвергаются разложению в течение нескольких месяцев и остатки которых не нужно изымать из биогеохимических циклов. На Олимпиаде в Пекине, например, обычные полиэтиленовые пакеты были запрещены (они разлагаются в естественных условиях около 200 лет), использовалась биоразлагаемая тара.

В рамках шестого уклада станет возможным применение более комплексных и системных решений. Современные информационные технологии позволяют обеспечить прозрачность материальных потоков и решать оптимизационные задачи быстрее, эффективнее и дешевле. Уже в СССР была создана и успешно функционировала отрасль, занимавшаяся переработкой вторичных отходов на основе наиболее эффективных техно-

логий и управленческих решений, ориентированных на организацию деятельности в масштабе страны, а не отдельных регионов или хозяйственных секторов. Это позволяло экономить ресурсы и не “переоткрывать” уже существующие инновационные разработки. В такой отрасли, обслуживающей не отдельные сектора экономики, а всю сферу жизнедеятельности, Россия сегодня остро нуждается.

Циклическая экономика, предстоящий технологический и ресурсный переходы, формирование огромных отраслей по переработке создаваемых и уже созданных отходов и по рекультивации земель, выведенных из хозяйственного оборота (необходимость которой для экономики XXI в. была доказана ещё в 1973 г. группой профессора В.А. Егорова из Института прикладной математики АН СССР), потребуют новых, широко и системно мыслящих специалистов, существенной перестройки мировоззрения в масштабе общества в целом и, наконец, отражения новых реалий в законодательных актах. В XX в. идеи устойчивого (самоподдерживающегося — *sustainable*) развития, в соответствии с которыми следующие поколения имеют стартовые условия, сравнимые с теми, которыми располагает нынешнее поколение, являлись скорее декларацией, чем руководством к действию. В XXI в. их предстоит воплощать в реальность.

История показывает, что наличие масштабных проблем стимулирует создание инструментов их решения. Машиностроение, в частности, требовало CALS-технологий, позволяющих сопровождать изделие от его проектирования до утилизации цифровым образом, а развитие городов — систем управления транспортными потоками. Вероятно, в сфере рециклинга большую роль сыграют *когнитивные центры* [17], включающие, в отличие от ситуационных центров, ещё и системы математических моделей, имитирующих управляемый объект, возможность территориально распределённой экспертизы (с привлечением специалистов, находящихся как внутри, так и за пределами страны), алгоритмы работы с большими информационными потоками. Такие системы позволяют рассчитывать наиболее вероятный отклик системы на управляющие воздействия и могут использоваться как в задачах управления, так и для подготовки специалистов в сфере рециклинга. Можно сказать, что научный задел в крайне важной для человечества сфере рециклинга уже достаточно велик, однако сделать предстоит гораздо больше. И главное сейчас — осознать остроту и неотложность вставших перед человечеством проблем.

Работа выполнена при поддержке РГНФ (проект № 14-02-00409) и РФФИ (проект № 15-01-07944).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г.* Синергетика и прогнозы будущего. Изд. 3-е. М.: Едиториал УРСС, 2003.
2. *Махов С.А.* Математическое моделирование мировой динамики и устойчивого развития на примере модели Форрестера // Новое в синергетике. Новая реальность, новые проблемы и новое поколение / Отв. ред. Малинецкий Г.Г. М.: Наука, 2007.
3. *Комаров С.М.* Цивилизация старьевщика // Химия и жизнь. 2013. № 12.
4. *Медоуз Д.Х., Рандерс Й., Медоуз Д.Л.* Пределы роста. 30 лет спустя. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.
5. Будущее России. Вызовы и проекты: Экономика. Техника. Инновации / Под ред. Малинецкого Г.Г. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009.
6. *Сафронов И.* «Вещи должны быть вечными» // Завтра. 2014. № 46.
7. *Каменик Л.Л.* Ресурсосберегающая политика и механизм её реализации в формате эволюционного развития. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2012.
8. *Козловский Б.* Те, кого приручили // Кот Шредингера. 2014. № 1(1).
9. *Пантин В.И., Лапкин В.В.* Философия исторического прогнозирования: ритмы истории и перспективы мирового развития в первой половине XXI века. Дубна: Феникс+, 2006.
10. *Бадалян Л.Г., Криворотов В.Ф.* История. Кризисы. Перспективы: Новый взгляд на прошлое и будущее / Под ред. и с предисл. Малинецкого Г.Г. Изд. 2-е. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.
11. *Переслегин С.Б.* Самоучитель игры на мировой шахматной доске. М.: АСТ; СПб.: Terra Fantastica, 2005.
12. *Глазьев С.Ю.* Теория долгосрочного технико-экономического развития. С.: ВлаДар, 1993.
13. Будущее России в зеркале синергетики / Под ред. Малинецкого Г.Г. М.: КомКнига, 2006.
14. *Малинецкий Г.Г.* Чтоб сказку сделать былью. Высокие технологии — путь России в будущее. Изд. 2-е. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013.
15. *Ivanov V.V.* Technological Space and the Ecology of Technology // Herald of Russian Academy of Sciences. 2011. V. 81. P. 305–309.
16. *Иванов В.В.* Перспективный технологический уклад: возможности, риски, угрозы // Экономические стратегии. 2013. № 4.
17. *Malinetskii G.G., Manenkov S.K., Mitin N.A., Shishov V.V.* A Cognitive Challenge and Information Technologies // Herald of Russian Academy of Sciences. 2001. V. 81. P. 397–405.

DOI: 10.7868/S0869587315040192

Россия располагает минерально-сырьевым комплексом мирового класса, представляющим собой фундамент экономики страны, а также является одним из ведущих экспортёров минерального сырья и его первичной продукции. По мнению авторов статьи, стратегия развития и использования отечественной минерально-сырьевой базы в целях достижения максимального экономического эффекта должна строиться с учётом уже имеющихся и складывающихся проблем и тенденций глобального минерально-сырьевого рынка.

О РАЗВИТИИ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

А.В. Волков, А.А. Сидоров

Глобальные процессы XX в., особенно второй его половины, и начала XXI в. — демографический взрыв (население планеты увеличилось с 1.5 млрд. человек в 1900 г. до 2.5 млрд. в 1950 г. и до 6 млрд. к 2000 г., превысило 7 млрд. в 2012 г.), быстрое развитие промышленного производства и научно-технического прогресса, рост ВВП и уровня жизни в развитых странах — сопровождалось увеличением потребления природных ресурсов, в том числе извлекаемых из недр Земли (табл. 1). В этот период в мире добыто более 90% запасов нефти и газа (по нашим оценкам, 125–130 млрд. т и 48–50 трлн. м³ соответственно), более половины угля и железных руд общего объёма, потреблённого за всю историю их применения. По сравнению с 1950 г. использование раз-

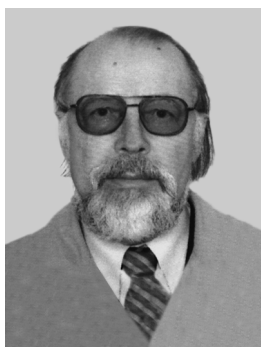
личных металлов увеличилось в среднем в 2–5 раз и более (алюминиевых руд — в 11–12 раз).

Анализ эволюции минерально-сырьевого комплекса (МСК) в последнее десятилетие показал, что на фоне развития высокотехнологичного производства главнейшей стратегической тенденцией в мире остаётся продолжающийся рост потребления развитыми странами практически всех важнейших полезных ископаемых, что характеризует высокий уровень индустриализации экономики и научно-технического прогресса.

Суммарная доля развитых стран с численностью населения около 16% населения планеты (“золотой миллиард”) в общемировом потреблении различных видов минерального сырья, по данным ООН, составляет от 50 до 80–90%. Следует обратить особое внимание на стремительное увеличение, по сравнению с XX в., масштабов потребления минерально-сырьевых ресурсов (МСР) и первичной продукции группой развивающихся стран Азиатско-Тихоокеанского региона во главе Китая и Индией.

Общеизвестно, что минерально-сырьевой комплекс играет определяющую роль в экономике Российской Федерации (рис. 1). Сегодня экономическая и геополитическая позиция нашей страны в мире в значительной степени определяется количеством, качеством и стоимостью извлекаемых из её недр минеральных ресурсов. На территории России имеются залежи всех известных полезных ископаемых, однако на протяжении последнего десятилетия остро ощущается недостаток объектов, подготовленных для разведки, сказывается отсутствие крупных открытий и, как следствие, отставание по уровню добычи отдельных видов полезных ископаемых.

Отметим, что переход России к рыночной экономике в 1990-е годы во многом изменил ценностные ориентиры и государственную политику



Авторы работают в Институте геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН. ВОЛКОВ Александр Владимирович — доктор геолого-минералогических наук, заведующий сектором. СИДОРОВ Анатолий Алексеевич — член-корреспондент РАН, советник РАН.
tma2105@mail.ru; kolya@igem.ru

Таблица 1. Рост уровня жизни в мире

Страна	Темпы роста ВВП, %			Темпы роста ВВП на душу населения, %		
	1995–2011 гг.	2011–2030 гг.	2011–2060 гг.	1995–2011 гг.	2011–2030 гг.	2011–2060 гг.
США	2.5	2.3	2.1	1.5	1.5	1.5
Германия	1.4	1.3	1.1	1.4	1.5	1.5
Франция	1.7	2	1.6	1.1	1.6	1.3
Бразилия	3.3	4.1	2.8	2.1	3.4	2.6
Китай	10	6.6	4	9.3	6.4	4.2
Индия	7.5	6.7	5.1	5.8	5.6	4.4
Южная Африка	3.4	3.9	3	2.1	3.4	2.7
Россия	5.1	3	1.9	5.4	3.2	2.3
Мир в целом	3.1	2.8	2.2	2.3	2.2	2

Примечание. Средний годовой прирост ВВП по паритету покупательной способности в ценах 2005 г.

Источник: Ведомости. 2012. 12 ноября (по данным ОЭСР).

в минерально-сырьевом секторе, в том числе повлиял на оценку дефицитности тех или иных полезных ископаемых. На смену перспективному планированию пришли рыночные отношения, во многом был утрачен государственный контроль и ослаблены механизмы управления. В таких усло-

виях внутренний дефицит ряда МСР компенсируется импортом сырья из стран ближнего и дальнего зарубежья.

После распада СССР Россия оказалась в числе стран с дефицитным балансом по 21 виду полезных ископаемых [1]. Наиболее тяжёлая ситуация

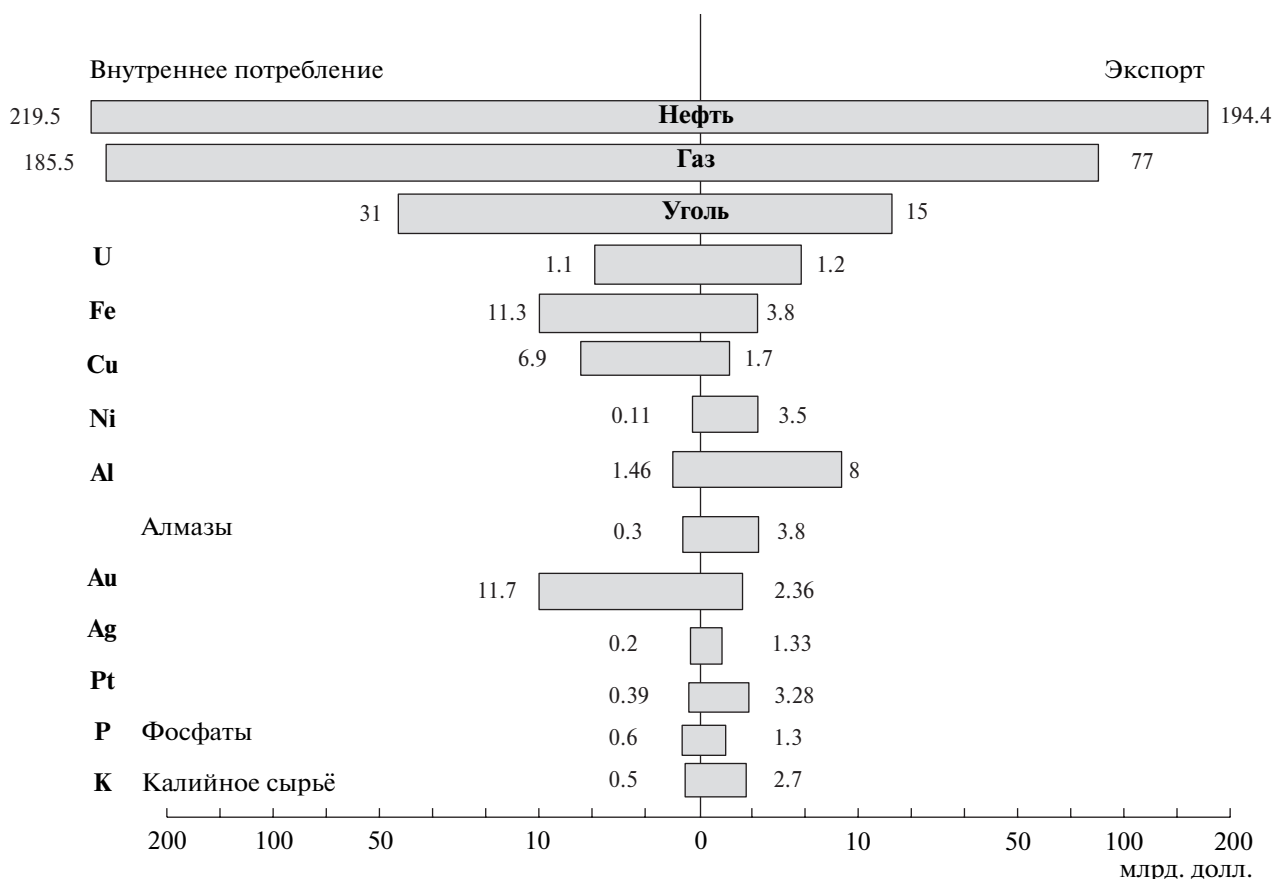


Рис. 1. Доля внутреннего потребления и экспорта добываемого стратегического минерального сырья в России [4]

сложилась с чёрными легирующими металлами — марганцем и хромом. Редкоземельные металлы (РЗМ) — 15 элементов (иттрий, лантан, церий, самарий, гадолиний, скандий, рений, европий и др.) — приобрели в последнее время мировое значение. В СССР добывалось до 3000 т этих металлов, сейчас разработка их месторождений рентаболируется с большим трудом, хотя в Сибири разведаны и не востребованы грандиозные запасы РЗМ.

ПРОГНОЗ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

По прогнозам ООН, увеличение народонаселения к 2050 г. до 9.1 млрд. неизбежно предопределяет дальнейший рост потребления минеральных ресурсов, несмотря на снижение энерго- и металлоёмкости промышленного производства, правда, темпы увеличения их потребления снизятся, что обусловлено значительным замедлением прироста населения планеты. Большой или меньший рост численности населения приведёт к увеличению или снижению мирового спроса на металлы, в основном в развивающихся странах.

Россия вступила в третье тысячелетие с надеждой на долгожданное оживление экономики и устойчивое развитие отечественной индустриально-технологической базы. При этом очевидно, что фундаментом российской экономики останутся топливно-энергетические и минеральные ресурсы (см. рис. 1). С начала века объём добычи российского угля вырос примерно на четверть, объём его экспорта — почти в 3 раза [2]. Эта положительная тенденция, по нашему прогнозу, будет долговременной (табл. 2). Ключевым фактором, способным оказать влияние на угольную отрасль в XXI в., является состояние мировой экономики, которое может быть крайне нестабильным, включая добычу и потребление нефти и газа, развитие атомной энергетики, проблемы экологии и охраны окружающей среды, новые технологии переработки и использования угля, распространение альтернативных источников электроэнергии.

Прогресс мировой экономики неизбежно будет связан с увеличением темпов производства атомной энергии и, следовательно, с ростом потребления урана, что обусловлено его лучшими качественными, экологическими и экономическими характеристиками по сравнению с другими энергоносителями.

К 2030 г. в России планируется увеличение мощностей АЭС в 2.5 раза. Поставлена задача не только обеспечить топливом собственную атомную энергетику, но и занять 20% мирового ядерного топливного рынка [3]. Поэтому весьма вероятно, что через 20–30 лет наша страна может столкнуться с проблемой дефицита урана.

В последние годы, потребление металлов в России резко возросло [4], что вызвано ростом промышленного производства, особенно тяжёлого машиностроения. В целом специфика потребления металлов в стране достаточно парадоксальна: в то время как огромный объём металлопродукции уходит на экспорт, у нас велика доля использования импортного металла. Сегодня на рынке прочно обосновались китайские производители.

К особо дефицитной группе полезных ископаемых российской минерально-сырьевой базы (МСБ) относятся марганцевые и хромовые руды. Однако дефицит их относителен, так как страна располагает их значительными запасами, но в современных условиях хозяйствования они мало рентабельны. Основная проблема, обусловившая дефицит хромовых, марганцевых, титановых, циркониевых, свинцовых и других руд, как и бокситов и их заменителей, состоит не только в низком качестве самих руд, стоящих на балансе российских месторождений, но и в необходимости внедрения рациональных технологических схем обогащения и технологического передела сырья. Важно подчеркнуть, что Россия не испытывает недостатка в большинстве импортируемых сегодня видов минерального сырья, но есть дефицит рентабельных запасов, который вполне преодолим при условии решения технологических, экономических и политических проблем. В то же время медь и никель сейчас не являются дефицитными видами минеральных ресурсов, однако в перспективе, через 20–30 лет, Россия может столкнуться с их острой нехваткой. Чтобы приблизиться к уровню промышленно развитых стран (10–20 кг меди на человека в год) и сохранить экспорт на уже достигнутом уровне, нам необходимо производить 1250–1300 тыс. т рафинированной меди. Для этого к 2030 г. потребуются увеличить добычу меди по сравнению с 2011 г. на 60% (см. табл. 2).

По прогнозам Министерства экономического развития РФ [5], в грядущие 50 лет производство и потребление угля в стране увеличится в 1.8–2 раза, железной руды — в 2.5 раза, цинка — в 2.2–2.4 раза, производство меди — в 1.5–2, а её потребление — в 5 раз, никеля соответственно в 1.6–1.8 и 2.7–3 раза, потребление других видов минерального сырья возрастёт в 1.5–2 раза. Потенциально объём спроса на алюминий на российском рынке может быть в 3–4 раза больше, так как в пересчёте на подушевое потребление отечественные показатели в 4 раза ниже, чем в западных странах, и в 2–3 раза — чем в Китае. В последнее время геополитические аспекты освоения минеральных ресурсов океана сближаются с экономическими (как на уровне представлений об экономической безопасности России, так и конкретного восполнения существующего дефицита по

Таблица 2. Прогноз производства и потребления минерального сырья в Российской Федерации

Полезное ископаемое	Прогноз производства/потребления			
	2020 г. (6 лет)	2030 г. (20 лет)	2040 г. (30 лет)	2060 г. (50 лет)
Нефть, млн. т	450–520	497–559/275–311	487–549/295–331	467–529/315–351
Газ природный, млрд. м ³	710–730	954–1009/605–641	1004–1059/655–691	1054–1109/705–741
Никель, тыс. т	305/70	430/80	500/100	560/150
Медь, тыс. т	1240/900	1300/1000	1500/1200	1700/1400
Серебро, т	1700/300	2000/660	2300/760	2500/830
Золото, т	230/150	250/150	300/150	350/150
Алмазы, млн. карат	30/3	32/4	28/5	25/5
Алюминий, млн. т	4.5/1.5	5.7/3.4	6.84/4.1	7.6/5.7
Уран, тыс. т	8.0/36	15.0/40	20.0/43	25.0/45
Платиноиды, т	160/20	165/25	170/27	200/30
Редкоземельные элементы, тыс. т	10/5.0–7.0	15.0/10	20.0/15.0	25.0/20.0
Цирконий, тыс. т (концентрат/баделиит)	30.0/25.0–9.0/0.5 (концентрат)	70/50–9/0.5 (концентрат)	100/60–9/0.5 (концентрат)	100/60–9/0.5 (концентрат)
Литий, тыс. т	5.0/1.0	10/5.0	20/7.0	20/8.0
Рений, т	3/10	5/22	5/28	5/35
Скандий, т	100/70	140/100	150/150	170/170
Ниобий, тыс. т	2/5	3/5–6	5/7	7/10
Хром, млн. т	0.7/1.6	0.8/1.6	1.0/1.74	1.5/2.0
Титан, тыс. т (чистый металл)	40/10	42/15	45/15	50/20
Диоксид титана (TiO ₂), тыс. т	70/120	90/160 (концентрат)	200/200 (концентрат)	250/250 (концентрат)
Марганец, млн. т	0.5/1.2	0.7/1.0	0.9/0.8	1.1/0.6
Свинец, тыс. т	134/50	150/70	200/100	250/150
Молибден, тыс. т	7.0/3.0	15.0/5.0	20/7.0	25/12.0
Вольфрам, тыс. т	7.5/2.5	8.0/3.0	10/5.0	15/7.0
Олово, тыс. т	5.0/4.0	6/5.5	10.0/7.0	15.0/12.0
Сурьма, тыс. т	10/3	15/10	15/15	10/20
Германий, т	15/15	20/20	30/30	50/60
Уголь, млн. т	360/240	530/400	560/440	600/520
Железная руда, млн. т	116.2/30	180/45.0	200/50	250/70
Цинк, тыс. т	350/200	370/240	500/320	700/500
Калийные соли, млн. т	6.5/1.5	6.7/2.6	6.8/3.0	7.0/3.5
Фосфаты, млн. т	4.0/2.2	3.4/1.2	3.7/1.5	4.3/2.0
Цемент, млн. т	100/100	110/110	120/120	150/150

марганцу, нарастающего истощения ресурсов никеля, меди и кобальта) [6].

Нетрадиционные источники минерального сырья приобретают особую актуальность как один из факторов решения глобальной проблемы минерально-сырьевого обеспечения нынешнего и будущего поколений [7, 8]. Рассматриваются фантастические проекты, связанные с добычей

минерального сырья на Луне, астероидах и планетах Солнечной системы. Заметим, что в 60-е годы прошлого столетия не менее фантастично выглядели океанские проекты, которые сейчас постепенно реализуются. Внимание промышленности будут привлекать техногенные (антропогенные) месторождения: растущий дефицит и критическая важность металлов для новых технологий делает по-

вторное их использование одним из важнейших прорывов XXI столетия.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ РОССИИ

Принимая во внимание, что Россия располагает МСК мирового класса, стратегия развития и использования отечественной МСБ в целях достижения максимального экономического эффекта должна строиться с учётом уже имеющихся проблем и тенденций глобального минерально-сырьевого рынка.

В настоящее время в развитии и использовании российской МСБ отмечаются особенности, присущие мировой МСБ [9]:

- исчерпание фонда легкоосваиваемых месторождений;
- снижение качества запасов полезных ископаемых в недрах на вводимых в эксплуатацию месторождениях; постепенное замещение выбывающих из эксплуатации высокорентабельных месторождений объектами с худшими кондиционными параметрами, касающимися горно-геологических условий добычи и уровня извлечения сырья из недр, его качественных характеристик;
- увеличение глубины поиска, разведки и разработки месторождений;
- усиление внимания к новым для промышленности типам месторождений;
- перемещение геолого-разведочных работ в удалённые районы со слабо развитой инфраструктурой.

В прогнозируемый период геополитика, ухудшение экологии в горнодобывающих регионах, истощение запасов ведущих месторождений и модернизация экономики подталкивают Россию к использованию нетрадиционных источников минерального сырья. Одна из главных задач в этот период — внедрение новых технологий разработки месторождений, обогащения руд и подготовки металлургического сырья.

Возрождение российской отрасли по добыче и переработке редкоземельных металлов — важная задача, без решения которой невозможна инновационная модернизация экономики. В соответствии с мировыми тенденциями приоритет в развитии российских геолого-разведочных работ на металлические ископаемые должен быть отдан мощной МСБ на основе крупнотоннажных месторождений [10], что позволит надолго обеспечить промышленность минеральным сырьём.

Учитывая мировую неравномерность распространения полезных ископаемых и дальнейшее их истощение, усиление процессов глобализации в добыче и переработке минерального сырья неизбежно. Как отмечалось выше, сейчас особую тревогу вызывает острый дефицит хрома, марган-

ца, цветных металлов, урана и глинозёмного сырья, в то время как в мире они не являются дефицитными (например, Республика Казахстан обладает значительными запасами дефицитных для России МСР). Особое внимание для укрепления межгосударственного сотрудничества как в области геологического изучения недр, так и разработки полезных ископаемых, следует уделить странам, граничащим с Россией.

СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА

Инновационная деятельность как фактор развития МСК действует по трём направлениям: во-первых, позволяет уверенно открывать и разрабатывать новые месторождения; во-вторых, эффективно осваивать забалансовые, ранее представлявшие нерентабельными месторождения; в-третьих, увеличивать потенциал разрабатываемых месторождений за счёт переоценки величины их запасов.

Использование инновационных технологий позволит в краткосрочной перспективе увеличить активные запасы стратегического минерального сырья в ряде регионов не менее чем на 20–30% [11]. Таким образом можно будет преодолеть сложившееся с 1990-х годов отставание по расширенному воспроизводству МСБ.

Ключевые элементы инновационной модели воспроизводства МСБ — создание и применение современных прогрессивных технологий добычи, обогащения и передела руд, обеспечивающих эффективную эксплуатацию ныне нерентабельных месторождений, извлечение сопутствующих полезных компонентов, замкнутый технологический цикл, минимизация экологического ущерба и утилизация отходов. Внедрение прорывных технологий позволит увеличить глубину переработки отечественного минерального сырья.

Прогнозируется, что через 20–30 лет существенно улучшится экономическая эффективность промышленного освоения океанских месторождений железо-марганцевых конкреций и гидротермальных сульфидных построек [6] в связи со значительным ростом стоимости легированных сталей и сплавов на базе ферромарганца. Таким образом, для РФ будет выгодно начать разработку минерально-сырьевых ресурсов на закреплённой за ней площади дна Мирового океана. Это позволит России получить к концу прогнозируемого периода весь необходимый стране марганец и кобальт, 20% никеля и 10% меди и цинка. Сейчас много говорят о комплексном использовании природных ресурсов, но этому направлению увеличения используемой ресурсной базы пока не уделяется должного внимания.

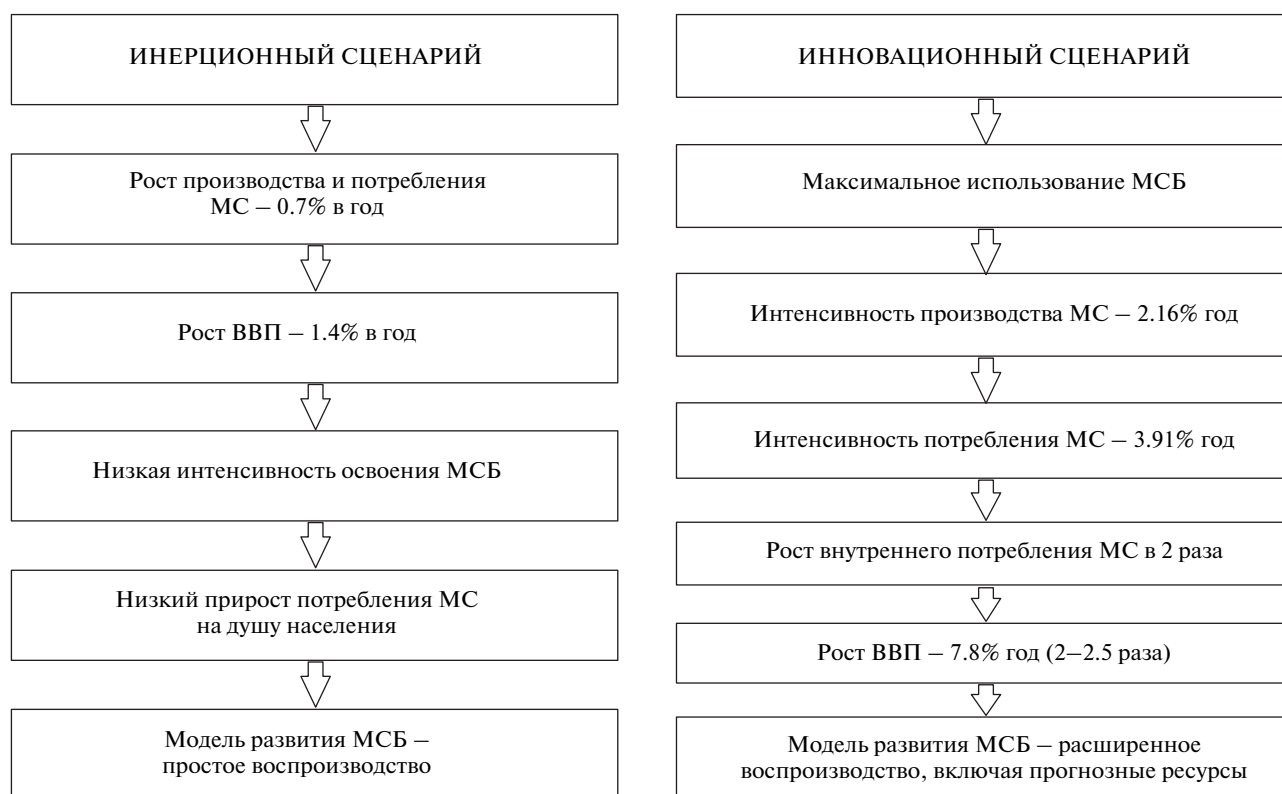


Рис. 2. Сценарии развития МСБ в зависимости от интенсивности её воспроизводства и освоения
МС – минеральное сырьё

Экспертные оценки [7] показывают высокую эффективность освоения неисчерпаемой минерально-сырьевой базы техногенного сырья. Для этого, следуя примеру США и других развитых стран, предлагается разработать целевую программу “Техногенные месторождения России”, в которой будут предусмотрены индикаторные показатели использования МСБ техногенных отходов. Реализация программы позволит к концу следующего 50-летнего периода получать из техногенных месторождений в среднем 25% годового потребления минерального сырья.

Инновационный сценарий развития МСБ предусматривает стимулирование российского горного бизнеса для глобализации МСБ путём её транснациональной диверсификации. Это прежде всего относится к инвестициям металлургических и горнодобывающих компаний в покупку минерально-сырьевых активов в странах ближнего и дальнего зарубежья, что обеспечивает не только выход на внутренние рынки этих стран и глобальный рынок (минуя многочисленных посредников), но и высокую окупаемость инвестиций. В итоге фактор глобализации позволит надёжно обеспечить потребности России в дефицитном минеральном сырье.

В этих условиях экспорт минерального сырья должен быть тесно связан с экспансией отече-

ственного горного бизнеса на зарубежные рынки. Проблемы отечественной МСБ урана, глинозёма, хрома, марганца, высококачественных железных руд, цветных металлов, энергетического угля могут быть эффективно решены путём заключения картельных соглашений со странами СНГ, Финляндией, Монголией, Китаем и другими странами.

В среднесрочной перспективе (20 лет) минерально-сырьевой комплекс страны будет развиваться по инерционному сценарию в соответствии с утверждёнными Правительством РФ программными документами. В этот период, учитывая отмеченные выше мировые тенденции, в стране необходимо расширить геолого-разведочные работы и научные исследования, направленные на прогнозирование и оценку новых источников минерального сырья – крупнотоннажных месторождений на континенте, железо-марганцевых конкреций и гидротермальных сульфидных построек в океане, а также техногенных месторождений. На рисунке 2 сопоставлены инерционный и инновационный сценарии развития МСБ России.

Ещё через 10 лет следует ожидать появления очередных инновационных технологий в горнодобывающей и перерабатывающей промышленности, широкого вовлечения в отработку новых источников минерального сырья как на конти-

нентах, так и в океане. В этот период прогнозируется смена технологического уклада. На следующем этапе (спустя ещё 20 лет) произойдёт окончательный переход мировой экономики к шестому технологическому укладу. Вполне возможно, что тогда экономическое понятие “месторождение полезных ископаемых” перестанет иметь значение для горнодобывающей промышленности, ему на смену придут “блок горных пород” и “км³ океанской воды”.

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ

Потенциальная экономическая мощь России связана с развитием Дальнего Востока и Байкальского региона [12]. В пространственной структуре минерально-сырьевого комплекса лидирующие позиции занимают Республика Саха (Якутия), Сахалинская, Иркутская, Магаданская и Амурская области, Забайкальский край. Существенную роль играют Чукотский автономный округ, Еврейская автономная область, Приморский и Камчатский края.

На Дальнем Востоке и в Байкальском регионе по запасам и добыче сосредоточено около 81 и 100% алмазов соответственно, 90 и 100% урана, 92 и 100% олова, 70 и более 50% золота, 30 и более 60% серебра, около 90 и почти 100% производства вольфрамового концентрата, 50 и 100% сурьмы, а также 30% добычи свинца (при запасах всего 9% от общероссийских), 100% добычи бора. Кроме того, добываются (в % от общероссийской добычи): 10% цинка, 8% платины, плавиковый шпат, а также различные виды строительных материалов.

В условиях глобального рынка перспективное промышленное развитие Дальнего Востока и Байкальского региона определяется уникальностью минерально-сырьевых инвестиционных проектов (Покровский и Купольный горно-обогатительные комбинаты и др.) или доминирующим участием государства в их реализации (топливно-энергетические комплексы, трубопроводная система “Восточная Сибирь—Тихий океан”).

На этих территориях по геолого-экономическим критериям отчётливо выделяются два географо-экономических пояса — северный и южный, характеризующихся разной инвестиционной привлекательностью минерально-сырьевых проектов, среди которых наиболее успешными являются проекты, территориально связанные с морским побережьем, автомобильными и железнодорожными магистралями, энергетической инфраструктурой.

Система федеральных и региональных льгот могла бы нивелировать низкую привлекательность большинства инвестиционных минерально-сырьевых проектов. Так, по данным офици-

альной статистики, сегодня на востоке страны на выпуск единицы товарной продукции расходуется в 1.5 раза больше энергии, чем в среднем по России, в 3 раза больше, чем в США, и в 4.5 раза больше, чем в Европе. Поэтому дефицит инвестиций в минерально-сырьевой комплекс региона наблюдается даже в период высоких цен на сырьё.

Другое направление развития МСК на Дальнем Востоке и в Байкальском регионе можно показать на примере ОАО “Полиметалл” и МГК “Норникель”, главные активы которых были созданы ещё в СССР, а затем переданы в частные руки в ходе так называемой приватизации. Эти предприятия успешно работают до сих пор, обеспечивая высокую прибыль. Напрашивается аналогичный путь — создание за счёт государства горнодобывающих предприятий в стратегических кластерах, а затем — их приватизация.

Важная роль геологической науки в развитии минерально-сырьевого комплекса регионов не вызывает сомнения. Многие перспективные районы ко времени перестройки оказались практически неопределены. Это было связано с тем, что Министерство геологии СССР выделяло средства только для тех районов, где хотя бы в какой-то мере была развита инфраструктура, то есть преимущественно для районов россыпной золотоносности и единичных освоенных рудников. Но крупнейшие рудные районы, как сейчас уже очевидно, находятся на неосвоенных территориях Омогонской, Охотской, Тайгонской, Эскимосской, Ханкайской и других кратонных систем, а также в пределах внутренних частей тысячекилометровых восточноазиатских вулканогенных поясов [13]. Золото-серебряное месторождение Кубака в Кедонском вулканогенном поясе (Омогонский кратон) на протяжении 12 лет было главным золотодобывающим предприятием Магаданской области, а месторождение Купол в Охотско-Чукотском вулканогенном поясе подняло золотодобычу на Чукотке с 4 до 24 т. К сожалению, эти богатейшие месторождения, обнаруженные ещё в советское время, разведывались и отрабатывались главным образом иностранными компаниями.

В наше время эксплуатируемые и, следовательно, хорошо вскрытые месторождения, лицензии на освоение которых принадлежат частным компаниям, оказались практически недоступными для отечественной отраслевой и академической науки. Известно, что изучение действующих месторождений — это ключ к открытию новых, а на востоке России основная часть крупных эпитегральных месторождений либо ещё не обнаружена, либо помечена на картах и в кадастрах в качестве мелких рудопроявлений.

В качестве неисчерпаемых комплексных рудных месторождений настоящего и будущего представлены зоны тонкорассеянной сульфидной минерализации северо-востока Азии, имеющие региональное развитие. Как правило, эти зоны сопровождают крупнейшие золотые, серебряные, медно-порфировые и колчеданные месторождения [14]. Недоразведанность большинства рудных районов с жильными, порфировыми и колчеданными месторождениями связана прежде всего со слабой изученностью зон тонкой сульфидизации и наноминерализации, которые ранее ошибочно воспринимались в качестве околорудных (околорудных) образований. В отличие от традиционных месторождений, руды рассматриваемых зон наиболее комплексны и в ряде случаев сравнительно легко обогащаются.

Установлены структурные связи крупнейших позднемезозойских рудных месторождений Чукотки и Охотского побережья (Майское — Au, Купол — Au, Ag, Дукач — Au, Ag и др.) с потенциальными нефтегазоносными бассейнами (проявления в позднемеловых и кайнозойских осадках) Чукотки и западного побережья Камчатки в пределах “скрытых” субмеридиональных зон разломов [15].

Дальнейшее развитие этих направлений позволит теоретически обосновать различные (структурные, минералогические и геохимические) методы картирования зон тонкой сульфидизации, а также методики оценки прогнозных запасов эпitherмальных золото-серебряных руд вулканогенных поясов и зон тектоно-магматической активизации, комплексных (Au, Ag, полиметаллы и редкие элементы) тонковкрапленных руд в большеобъемных зонах тонкой минерализации.

Геолого-разведочные работы в особо перспективных дальневосточных районах России должны проводиться отечественными и зарубежными компаниями при непосредственном участии российской отраслевой и фундаментальной науки, что полностью отвечает стратегическим государственным интересам по перспективному развитию минерально-сырьевого комплекса. Это условие необходимо четко определить в специальной поправке к Закону РФ “О недрах” и в отраслевых нормативных документах и учитывать при выдаче лицензий на пользование недрами.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 14-17-00170).

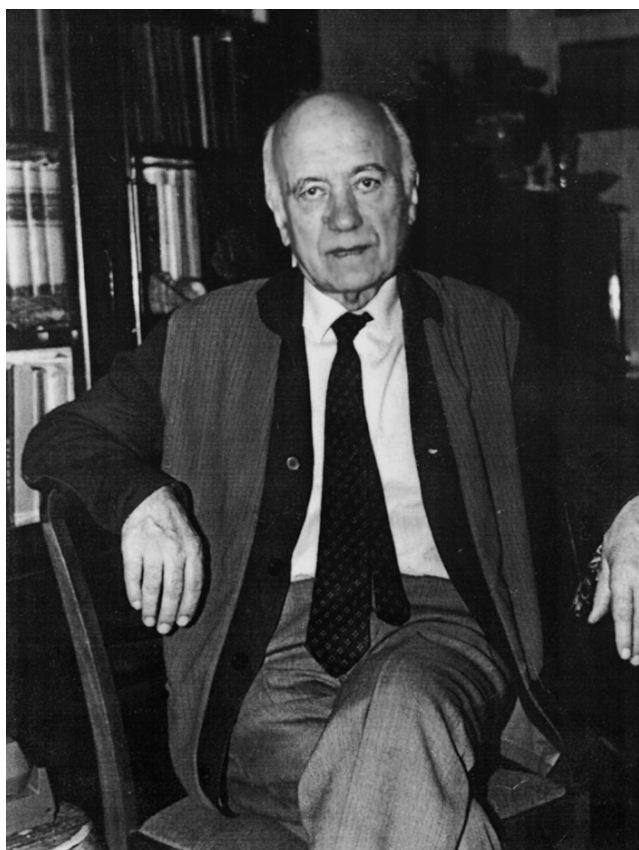
ЛИТЕРАТУРА

1. Минеральные ресурсы России. Вып. 1 (Наиболее дефицитные виды минерального сырья). М.: ВИЭМС, 1994.
2. Богатство недр России. Минерально-сырьевой и стоимостный анализ. М.: ВсеГЕИ, 2007.
3. Энергетическая стратегия России на период до 2030 г. М.: Минэнерго РФ, 2009.
4. Государственный доклад “О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2012 г.” / Под ред. Хромова Д.Г. М.: ИАЦ “Минерал”, 2014.
5. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 г. М.: МЭР, 2013.
6. Андреев С.И., Аникеева Л.И., Казакова В.Е., Смирнов А.И. Минерально-сырьевые ресурсы Мирового океана и перспективы их освоения // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2011. № 6.
7. Ларичкин Ф.Д., Каменев Е.А., Мотлохов В.В. Нетрадиционные виды минерального сырья: актуальность, определение и классификация // Горный журнал. 2002. № 1.
8. Долгосрочная государственная программа воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья до 2020 г. М.: МПР РФ, 2008.
9. Орлов В.П. Проблемы оценки воспроизводства минерально-сырьевой базы // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2010. № 3.
10. Волков А.В., Сидоров А.А. Крупнотоннажные месторождения золота // Вестник РАН. 2012. № 11.
11. Шафраник Ю.К. Приоритеты развития и инвестиционная политика минерально-сырьевого комплекса России // Горная промышленность. 2013. № 1.
12. Сценарии развития Восточной Сибири и Дальнего Востока / Аналитический доклад. Москва—Иркутск: БМБИГУ, 2011.
13. Волков А.В., Сидоров А.А., Старостин В.И. Металлогения вулканогенных поясов и зон активизации. М.: Макс Пресс, 2014.
14. Волков А.В., Сидоров А.А., Савва Н.Е. и др. Зоны тонкорассеянной сульфидной минерализации Северо-Востока России — эффективные источники вещества рудных месторождений // Сборник. К 100-летию Е.А. Радкевич. Владивосток: Дальнаука, 2008.
15. Сидоров А.А., Волков А.В., Готов В.Е. О связях рудоконтролирующих разломов с послемеловыми осадочными бассейнами и проявлениями углеводородов // Доклады АН. 2009. № 3.

DOI: 10.7868/S0869587315040179

НА ОСТРИЕ НАУЧНОЙ МЫСЛИ

К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА Б.В. РАУШЕНБАХА



XX столетие явилось глубоким рубежом в историческом движении человечества. Кумулятивный эффект “мыследеятельности” людей, на новом уровне открывающих мир и себя в нём, творящих особую — неприродную — реальность, поднял на новую высоту преобразовательную активность, расширил их мировоззренческие горизонты. Теория множеств и теория дополненности Бора, соотношения неопределённости Гейзенберга, неравновесная термодинамика, нанотехнологии — эти и множество других научных открытий обусловили ломку прежних представлений, а накопленный технико-технологический и общепроизводственный потенциал вывел человека в исторически новое пространство организации

жизнедеятельности. Прорыв в космос ознаменовал начало новой эры человеческого бытия.

Ярким носителем нового миропонимания стал Борис Викторович Раушенбах. Он внёс вклад не только в технико-технологический и общенаучный переворот, но, что не менее важно, — в осмысление человеческого бытия, в том числе в понимание современного общества в исторически сложных обстоятельствах. Он был одним из основоположников советской космонавтики, совершил глобально значимые открытия в области физико-математических наук, участвовал в решении сложнейших проблем устойчивости космических кораблей, управления их ориентацией, разрабатывал теорию управления движением в космическом пространстве [1–3] — проблем, “которыми никто и никогда не занимался” [4, с. 427], причём большая часть его работ (более 80%), носившая гриф “совершенно секретно”, ещё не стала достоянием широкой общественности. Нельзя не упомянуть такое достижение, как поразивший в своё время весь мир снимок обратной стороны Луны. Как писал лётчик-испытатель М.Л. Галлай, близкий друг Раушенбаха, «фактически он внёс в создание систем управления ракетами и космическими кораблями вклад без преувеличения решающий — менее чем за десять лет под его руководством были реализованы системы фотографирования обратной стороны Луны, системы ориентации и коррекции полёта межпланетных автоматических станций “Марс”, “Венера”, “Зонд”, спутников связи “Молния”, автоматического и ручного управления космическими кораблями, пилотируемыми человеком... Значение этих систем не требует доказательств — полёт неуправляемого или неориентированного нужным образом космического летательного аппарата вообще теряет всякий смысл» [4, с. 55, 56]. Данью заслугам Б.В. Раушенбаха стало присвоение его имени малой планете, зарегистрированной в Международном каталоге под номером 4237 (1979).

Чрезвычайно важно, что эти открытия явились результатом присущего Борису Викторовичу совершенно особого стиля научного мышления — целостного познания мира. Именно этот тип мышления позволял ему не только со знанием де-



Б.В. Раушенбах (сидит слева) и Г. Оберт (в центре) на встрече с космонавтами. 1982 г.

ла обсуждать далёкие от его профессиональных интересов вопросы, но и раскрывать сущностные характеристики явлений и их смысловую нагрузку.

Будучи крупным учёным в области физико-математических знаний, Раушенбах внёс огромный вклад в знания гуманитарные. Он занимался исследованием исторических явлений, таких как Крещение Руси, изучением смысловой нагрузки мировоззренческих идеалов, например Святой Троицы, значимых аспектов художественного творчества, в частности художественной перспективы. Он поражал своей огромной, удивляющей глубиной и широтой эрудицией. Однако главное в Борисе Викторовиче — это особое видение любой проблемы и оригинальное её решение в соответствии с выработанными им принципами и способами познавательной деятельности, осмысления сущности знания, реализуемой через способность человека мыслить.

В усложняющемся мире всё труднее уловить проявление и характер действия новых сил, взаимодействий, новых феноменов, в том числе вследствие неэффективности используемых парадигм, даже самых современных. Этим объясняется возникновение плюралистических концепций, в частности, отрицающих наличие парадигмально независимых критериев оценки конкретных явлений, существование объективной истины. В то же время чётче вычленяется субъективный смысл и характер науки.

В своих работах, посвящённых проблемам познания, Б.В. Раушенбах раскрывает структуру объективно осуществляемого процесса познания и одновременно утверждает его целостность и

единство как сложного объективного явления, предполагает возможность раскрытия истинных смыслов исследуемых феноменов, что, в частности, блестяще показано в анализе логики триединности [5, 6].

Утверждая необходимость интегрального знания, Борис Викторович особое внимание уделял проблеме функциональной нагрузки разных видов знания и их взаимодействия в познании действительности. Предметом его специального внимания стала дифференцированная оценка точных и гуманитарных знаний, логического и внелогического знания, рационального и иррационального.

Проблема соотношения гуманитарных и точных наук — предмет постоянных обсуждений. Зачастую в центре внимания оказывается использование измерительных приёмов, принятых в естественных науках, и математических средств в системе гуманитарных знаний, в познании социальных и культурных явлений.

Б.В. Раушенбах ставит вопрос по-иному. Он сосредоточивает внимание не на влиянии технических знаний на гуманитарные или, наоборот, на неявной гуманитаризации точных наук. Его привлекают общие и специфические *принципы организации научного мышления и процессуальные особенности* их реализации. По его мнению, “существует два типа мышления — логическое и внелогическое” [7, с. 95]. Что касается точных наук, то “их сильная сторона в том, что они очень глубоко проникают в соответствующие предметные области; их слабая сторона заключается в том, что они, в конце концов, основываются на моделях. Естествоиспытатель изначально пред-

ставляет себе какую-то модель, которую можно математически или экспериментально изучить; но модели эти не обязательно соответствуют всей реальности... Если мы изучаем природу, человека с точки зрения так называемых точных наук, то предварительно обязательно строим физическую, математическую модель и изучаем с её помощью явление, теряя, конечно, в полноте знания” [7, с. 110]. При этом ощущается недостаток образного мышления, поскольку любая модель “ограничена возможностями однозначного контекста и не является всеобъемлющей” [8, с. 29, 30].

Восприятие мира в рамках точного знания чётко связано с недостатком образного мышления, подчёркивает Б.В. Раушенбах. В то же время он отмечает искусственную разделённость знаний, объективно взаимосвязанных, во-первых, и субъектную обоснованность подхода человека к познанию, во-вторых. Что касается неточного знания, то в его рамках Раушенбах вычленяет “два подразделения: основанное на логике (дискурсивное познание) и познание интуитивно образное” [7, с. 110]. В основе глубоко дифференцированного подхода Раушенбаха к познанию лежат процессуальные характеристики организации и развития мышления, соотношения его с сознанием, психикой, а также учёт особенностей процессов понимания и объяснения в создании знаний и присвоении их человеком как субъектом культурно-исторического процесса.

“Существует два типа знаний — логическое и внелогическое, которым соответствуют два типа мышления... В реальной жизни отличие между двумя типами знания заключается в том, что в некоторых случаях доминирует логическая компонента, а в других — образная”. При актуализации логического компонента познания “постижение целого есть итог постижения его элементов, целое стоит в конце, а не в начале процесса”, при “внелогическом познании целое предшествует его элементам (изучение которых тоже может стать долгим и разнообразным). Представляется существенным, что это изучение элементов лишь уточняет и дополняет уже известное целое, но не способно изменить его” [6, с. 97]. Соотнося логическое и внелогическое, Раушенбах опирается на данные физиологии и психофизиологии, в частности, на обусловленность различий дифференцированной активности левого и правого полушарий мозга. В то же время он особо подчёркивал, что при всём различии логического и внелогического типов мышления “мозг работает как единое целое” [6, с. 101]. В решении чисто логических задач “нередко решающую роль может играть внелогическая компонента нашего сознания, — пишет он, — вырабатывающаяся в процессе биологической эволюции способность подсознательно производить гармонизацию хаотиче-

ской массы впечатлений. При этом важную роль играет некоторый критерий, который иногда называют чувством красоты” [6, с. 105].

Б.В. Раушенбах привносит своё видение научного познания, рассматривая его как сложно структурированный, объективно обусловленный спецификой человеческого мышления и характером субъектной активности процесс. Представленная Раушенбахом логика познания человеком мира и формирования отношения к действительности, структурирования его миропонимания составила теоретическую концепцию, которую он реализовал в своих исследованиях применительно как к техническим, так и гуманитарным наукам. Достаточно вспомнить блестящее решение проблемы смысловой нагрузки Святой Троицы, остававшейся скрытой на протяжении столетий, когда она рассматривалась в качестве догмата, не требующего доказательств.

Раушенбах раскрыл её сущность не только как религиозного феномена, но и как явления русской культуры, выявив её характеристики, постигаемые разумом и отвечающие требованиям формальной логики. Обращаясь к проблемам символа веры и триединства в христианской культуре, раскрывая всю сложность их смысловой нагрузки, Раушенбах разворачивает в качестве системы доказательств собственный метод постижения логических свойств Троицы. “Метод, который здесь будет использован, сводится, как видно из сказанного, к доказательству изоморфности (обладания одинаковой логической структурой) Троицы и некоторого математического объекта” [6, с. 122]. “Поэтому, если окажется возможным указать общеизвестный математический объект, обладающий всей совокупностью логических свойств Троицы, иными словами, если он окажется логически изоморфным Ей (имеющим ту же структуру), то возможность логической непротиворечивости Троицы будет доказана”, — утверждал Раушенбах [5, с. 166]. В числе определяющих логических свойств Троицы он выделил шесть: триединство, единосущность, неразделённость, соприносущность, специфичность, взаимодействие. “Математический объект, полностью соответствующий перечисленным шести свойствам, действительно существует и широко используется в математике, физике и других науках. Это самый обычный вектор с его тремя ортогональными составляющими” [6, с. 124].

Математическая модель триединства, обнаруженная (а не придуманная, как специально подчёркивал Борис Викторович) в математике, раскрывающая смысловую нагрузку Троицы, стала важным объяснительным принципом многих явлений, поскольку объективно вектор “лежит в основе многих естественных наук. Вектором явля-



М.Л. Галлай, О.Г. Ивановский, Б.В. Раушенбах. 1978 г.

ется сила, скорость, ускорение, механический момент. На векторах держится учение об электричестве и магнетизме и т.д. Но это означает, что триединость пронизывает всю природу» [6, с. 128]. Важным становится понимание, что «особую роль в мире играют не только триады (принятые в науке и жизни измерения, например, «прошедшее, настоящее и будущее», или жизнь разума — «тезис, антитезис, синтез»), но и триединость, проявляющаяся буквально повсюду» [6, с. 129].

Особую сферу научных и жизненных интересов Б.В. Раушенбаха составляло *пространство* — пространство физическое, психологическое, пространство видения и миропонимания, пространство, ставшее действенным фактором организации его собственной жизнедеятельности, жизнедеятельности человека, творившего во многих *пространствах* культурно-исторического бытия своего времени.

В раушенбаховском познании пространства — особом и глубоком — решались сложнейшие задачи управления космическими кораблями, организации работы космонавтов, где столь важным оказывается восприятие перспективы. Не только глубокий интеллект и широчайшая эрудиция, но совершенно особое видение реальности позволили Раушенбаху создать общую теорию перспективы, применимую как в технических исследованиях, так и в художественном творчестве. Его фундаментальные труды, посвященные искусству, — «Пространственные построения в древнерусской живописи» [9], «Пространственные построения в живописи. Очерк основных методов» [10], «Системы перспективы в изобразительном искусстве.

Общая теория перспективы» [11], «Геометрия картин и зрительное восприятие» [12] — это профессиональный вклад математика в теорию художественного творчества. Искусствоведы, культурологи, физики, математики читают эти книги принципиально по-разному, соглашаются или не соглашаются с теми или иными их положениями, но никогда не остаются равнодушными.

Б.В. Раушенбах предложил новое понимание перспективы во всей её многозначности, как объективно обусловленного явления. «Человек имеет дело с двумя различными пространствами, — писал он. — Одно из них — это то, которое существует объективно, в котором мы живём. Другое — пространство зрительного восприятия (будем называть его *перцептивным пространством*) — это то, которое возникает в человеческом сознании в результате работы системы зрительного восприятия... Теория перспективы основана на психологии зрительного восприятия человека и математике, позволяющей формализовать выводы психологии и дать алгоритм построения на плоскости картины изображения геометрии перспективного пространства. Из сказанного видно, что эта теория перспективы ни в малейшей степени не базируется на опыте художественного творчества, а носит независимый характер. Поэтому её нередко называют научной перспективой» [8, с. 127].

В его исследованиях ставится задача глубокого осмысления совместной работы глаза и мозга в восприятии пространства, при этом актуализируется проблема не только психофизиологических, но и психолого-исторических оснований струк-

турирования пространственных образов, “открытия” пространства, имея в виду многочисленные возможности субъективного выбора и объективных ограничений — разных на исторически разных этапах. Изучая особенности изображения перспективы в разные эпохи — с древнейших времён до наших дней, Раушенбах отмечал, что «с позиции психофизиологии люди всегда видят одинаково. Речь идёт о другом “видении”, о некоем обобщённом восприятии мира и его отражении в сознании». “Как изобразительное искусство Древнего Египта, так и искусство античности являются пределом совершенства при решении задач, которые возникали на соответствующих этапах перед человечеством в процессе его психолого-исторического развития” [6, с. 115, 116]. “Таким образом, — подчёркивает Раушенбах, — история развития методов пространственных построений в изобразительном искусстве — это не длинная дорога к единственной вершине, а последовательное покорение разных вершин” [12, с. 230].

Раушенбах во всей полноте выдвинул проблему структурно-содержательной и смысловой сущности перспективы в её дифференцированно множественной характеристике как особого, задаваемого условиями человеческого бытия феномена, реализующего отношение человека к действительности на фоне изменяющейся культурно-исторической среды. Он научно обосновал новое понимание пространства как пространства действия и познания, объективно обоснованное и субъективно реализуемое в динамике культурно-исторического процесса. Особое внимание Раушенбах уделяет уровню индивидуализации и самоопределения художника. В обоснованности принципов, в своей сущностной определённости подход Раушенбаха отвечает законам не только формальной, но и диалектической логики.

Можно много говорить об огромном научном вкладе Бориса Викторовича Раушенбаха, о его особом глубоком миропонимании, проникновении в суть явлений, благодаря чему возникали уникальные достижения научной мысли, причём не только в собственно профессиональной области, но и в широком культурном пространстве. Результатом становились принципиально новые решения проблем, выстраивались новые подходы к познанию мира и человека. Однако важно подчеркнуть и другое — умение и потребность дарить полученные знания людям, прежде всего студентам, которые воспринимали его лекции с восторгом и для которых он воплощал в себе подлинного Учителя.

Борис Викторович Раушенбах работал в Московском физико-техническом институте почти с момента его основания, а с 1978 г. в течение 20 лет

заведовал кафедрой теоретической механики. Читая основные курсы, он не перегружал их мелкими деталями, уделял особое внимание главному — смыслу и сущности явлений, оставляя широкий простор для размышлений. А его лекции по искусству, истории, религии, истории культуры неизменно привлекали многочисленную аудиторию.

Отношение к человеку у Раушенбаха было особенное — требовательное и одновременно уважительно доброе. Он уважал человека в человеке, был строг к себе и удивительно скромно, презирал чванство, не выносил ложь, умел смеяться открытым громким смехом, умел слушать, понимать, умел заставить человека думать, не только о науке — о жизни!

Он глубоко болел за науку, повторяя, что сила государства — в поддержании науки, её потенциала. Сокрушаясь относительно состояния дел и отношения к науке в нашей стране в настоящее время, он писал: “В 1918—1919 годах Ленин организовал ряд научных институтов, в том числе ЦАГИ, Ленинградский физико-технический, из которого вышли И.В. Курчатов, П.Л. Капица, Н.Н. Семёнов, Сельскохозяйственную академию, в которой потом работал Н.И. Вавилов, и многие другие; эти огромнейшие институты создавались, когда, казалось бы, никаких надежд на будущее не было, положение в стране было хуже, чем сейчас... Но Ленин тем не менее смотрел, что будет через 20—30 лет... В середине 30-х годов нашу страну посетила независимая комиссия Рокфеллера, организовавшего благотворительный фонд, который предполагал финансировать науку слаборазвитых стран. Доклад комиссии был опубликован, и в нём вывод: наука в Советской России финансируется лучше, чем в Западной Европе, и помогать ей поэтому не надо. Понимаете, не потому, что идеологический противник, а потому, что финансируется настолько хорошо, что на Западе такого и не снилось” [6, с. 403].

Говоря о значимости науки, её потенциала в развитии страны, общества, Борис Викторович подчёркивал, что в связи со вступлением человека в космическую эру решение проблемы научного и технико-технологического развития предполагает интегральный подход с учётом всей её глубины. В частности, ухудшение состояния космической отрасли может пагубно сказаться на других отраслях: “Говоря о состоянии космонавтики в нашей стране, надо смотреть не только на вершину айсберга — пилотируемые полёты, но и на значительно более существенную (и в смысле численности, и в смысле значимости) часть космических аппаратов. И если пилотируемые программы можно сравнительно легко сокращать и изменять (хотя это тоже нежелательно), сокраще-



Академик Д.С. Лихачёв, член-корреспондент РАН Н.В. Карлов и академик Б.В. Раушенбах (слева направо). 1996 г.



Борис Викторович Раушенбах с группой преподавателей МФТИ. Сидят (слева направо): член-корреспондент РАН Н.Н. Кудрявцев, академики Б.В. Раушенбах и Д.М. Климов, член-корреспондент РАН Ю.М. Батурин. 2000 г.

ние работ по автоматам может привести к очень серьёзным последствиям...” [6, с. 381].

Проблемы “космической технологии” рассматривались Б.В. Раушенбахом глобально, включая вопросы безопасности Земли (и человека на ней), в том числе экологической. Он писал: “Реальная угроза экологической катастрофы, способной привести к гибели миллиардов людей, будет требовать от объединённого человечества постоянного наблюдения за экологической ситуацией на планете. Надо будет наблюдать и за эффективностью принимаемых мер, оперативно обнаруживать, где и кто нарушает установленные общеземные экологические законы, чтобы немедленно осуществлять необходимые меры” [6, с. 381].

Наделённый высоким чувством гражданской ответственности, Борис Викторович предупреждал, что во многих общественно опасных ситуациях, будь то экологические катастрофы, войны и т.д., ответственность лежит на человеке. “Во всех этих случаях оказывается необходимым одно и то же: надо, чтобы люди перестали вести себя, как сегодня, когда каждый считает себя центром Вселенной, а всех других людей чем-то второстепенным. Надо дать новую жизнь традиционным сообществам — семье, общине, государству, делающим из населения Народ. И надо, чтобы интересы сообщества ценились бы всегда выше, чем интересы индивидуума, и не только с точки зрения закона. Надо, чтобы каждый индивидуум искренне считал свои права менее существенными, чем интересы сообщества. И ещё — надо, чтобы общим мнением стало то, что обязанности человека выше его прав” [6, с. 427]. Именно этих принципов придерживался Борис Викторович Раушенбах, творивший большую науку, человек-профессионал в науке, а в педагогической деятельности своим жизненным примером воспитывавший человека в человеке. Эти принципы нашли отражение в его замечательных книгах “Пристрастие”, “Постскриптум”, “Праздные мысли”, “Герман Оберт” [6, 13–15], выдержавших не одно издание.

Прекрасно сказал о Борисе Викторовиче его друг М.Л. Галлай: “Заслуги Бориса Викторовича Раушенбаха перед обществом получили свою оценку. Ему присвоено звание Героя Социалистического Труда. Он избран действительным членом Российской академии наук, удостоен Ленинской и весьма престижной, недавно учреждённой Демидовской премии, награждён высшими орде-

нами нашей страны. Но превыше всех званий и наград — непререкаемый авторитет, как научный, так и нравственный, который он имеет у всех, кому посчастливилось знать его, работать и особенно дружить с ним” [4, с. 58].

Э.В. САЙКО,
член-корреспондент РАН
saiko2003@mtu-net.ru

Н.М. ТРУХАН,
кандидат физико-математических наук,
МФТИ
eduard_tr@mail.mipt.ru

ЛИТЕРАТУРА

1. Раушенбах Б.В. Вибрационное горение. М.: Физико-математическая литература, 1961.
2. Раушенбах Б.В., Токарь Е.Н. Управление ориентацией космических аппаратов. М.: Наука, 1974.
3. Раушенбах Б.В., Овчинников М.Ю. Лекции по динамике космического полёта. М.: МФТИ, 1997.
4. Галлай М.Л. Ошибка Козьмы Пруткова // Пространства жизни. К 85-летию Бориса Викторовича Раушенбаха / Сост. Князевская Т.Б., Сайко Э.В. М.: Наука, 1999.
5. Раушенбах Б.В. О логике триединности // Вопросы философии. 1990. № 1.
6. Раушенбах Б.В. Пристрастие. М.: Аграф, 1997.
7. Точные науки и науки о человеке. Интервью с Б.В. Раушенбахом // Вопросы философии. 1989. № 4.
8. Аршавский В.В. Популяционные механизмы формирования полиморфизма межполушарной асимметрии мозга человека // Мир психологии. 1999. № 1.
9. Раушенбах Б.В. Пространственные построения в древнерусской живописи. М.: Наука, 1975.
10. Раушенбах Б.В. Пространственные построения в живописи. Очерк основных методов. М.: Наука, 1980.
11. Раушенбах Б.В. Системы перспективы в изобразительном искусстве: общая теория перспективы. М.: Наука, 1986.
12. Раушенбах Б.В. Геометрия картины и зрительное восприятие. М.: Интерпракс, 1994.
13. Раушенбах Б.В. Постскриптум. М.: Пашков дом, 1999.
14. Раушенбах Б.В. Праздные мысли. М.: Изд-во Гареева, Аграф, 2003.
15. Раушенбах Б.В. Герман Оберт. М.: Наука, 1993.

DOI: 10.7868/S0869587315040180

“СЧАСТЛИВЕЙШАЯ МЫСЛЬ В МОЕЙ ЖИЗНИ...”

К 100-ЛЕТИЮ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ЭЙНШТЕЙНА

Когда Альберт Эйнштейн лишь овладевал основами научных знаний, физики XIX в. подводили итоги своим усилиям в разгадке законов природы. Им было чем гордиться: механика, молекулярная физика и термодинамика, теория электромагнитного поля и электронная теория, а также открытия, обещающие познание тайн атома, убедительно свидетельствовали об этом.

В мир науки Эйнштейн вошёл в возрасте 22 лет, заявив о себе решением ряда задач термодинамики и молекулярной физики. В 26 лет он публикует работы о квантах света, броуновском движении и специальной теории относительности (СТО), а уже в 36 лет создаёт общую теорию относительности (ОТО), или релятивистскую теорию гравитации, содержащие важные выводы для космологии.

Если специальная теория относительности спустя годы принесла Эйнштейну признание сообщества физиков, то общая теория, частично подтверждённая астрономическими наблюдениями, обеспечила ему всемирную славу.

Согласно Ньютону, земная и космическая деятельность человека, движение небесных тел, от планет Солнечной системы и до галактик Вселенной, описываются механикой и законом тяготения, по которому “тяготение существует ко всем телам и пропорционально массе каждого из них”. К тому же оно “обратно пропорционально квадратам расстояний мест до частиц” [1, с. 518, 519].

Ньютон показал, что сила, удерживающая планеты Солнечной системы на их орбитах, действует по тому же закону, что и земная сила тяжести. Это позволило ему распространить свой закон на все тела и тем самым придать ему статус закона всемирного тяготения. Значимость входящей в него гравитационной постоянной была осознана лишь в конце XIX в., она измерялась неоднократно.

Что же до природы сил тяготения, то Ньютон её выяснить не смог: “Довольно того, что тяготение на самом деле существует и действует согласно изложенным нами законам, и вполне достаточно для объяснения всех движений небесных тел и моря” [1, с. 662]. В XX в. были выявлены слабые места этого закона. Таким было положе-



Альберт Эйнштейн во время чтения лекции в Вене. 1921 г.

ние дел, когда Эйнштейн начинал свой путь в науке.

В 1902–1908 гг. Эйнштейн — служащий Патентного бюро в Берне. Работа его устраивала, ибо “принуждала к многостороннему мышлению, а также давала импульс для физических размышлений” [2, т. 4, с. 352]. Всего за один 1905 г. он вводит представление о квантовании излучения света, создаёт молекулярно-статистическую теорию броуновского движения, а главное — специальную теорию относительности и закон взаимосвязи массы и энергии.

Исходя из обобщённого принципа относительности и постоянства скорости света, Эйнштейн в статье “К электродинамике движущихся тел” изложил новые законы движения, обобщившие ньютоновские. Отказавшись от абсолютиза-

ции пространства и времени, он вводит пространственно-временные представления: относительность длины, времени, одновременности событий. В итоге учёный создаёт механику равномерного движения при скоростях, близких к скорости света.

Истинной вершиной творчества Эйнштейна, радикальным образом изменившей прежние представления о пространстве, времени и тяготении, а также открывшей совершенно новые пути теоретического и наблюдательного освоения Вселенной, стала, по признанию учёных-физиков и математиков, общая теория относительности, или релятивистская теория гравитации. На её построение Эйнштейн потратил восемь весьма напряжённых лет (с 1907 по 1915 г.), наполненных интуицией и прозрениями, достижениями и ошибками, перерывами и преодолением трудностей, обусловленных поисками для теории математического аппарата и многим другим, с чем нередко сталкивается исследователь на пути решения чрезвычайно сложной для физической науки своего времени проблемы.

Начиная с 1907 г. Эйнштейн предпринимает попытки включить гравитацию в специальную теорию относительности. В статье “О принципе относительности и его следствиях” ему удалось сделать три важных для будущей теории открытия — обнаружить принцип эквивалентности, гравитационное замедление времени и возможность расширения принципа относительности на системы с гравитацией.

Позднее он напишет об этом: “Из событий... которые относятся к тем счастливым годам в Берне, я упомяну лишь одно, которое привело к наиболее плодотворной идее в моей жизни” [2, т. 4, с. 153]. В тот момент Эйнштейн предполагал, что если допустить “равноценность гравитационного поля и соответствующего ускорения системы отсчёта”, то можно заменить “однородное поле тяжести равномерно ускоренной системой отсчёта” [2, т. 1, с. 106].

В упомянутой статье Эйнштейн формулирует идеи новой теории: принцип эквивалентности и учёт геометрии Г. Минковского как четырёхмерного неевклидова многообразия. После долгого перерыва, на рубеже 1912 и 1913 гг. он придёт к пониманию целесообразности применения геометрии Римана, а в 1915 г. — к тому решающему синтезу, что позволит ему получить уравнения гравитационного поля и создать общую теорию относительности.

Осознавая, что “закон тяготения Ньютона означает лишь первый шаг в познании явлений гравитации”, Эйнштейн ставит перед собой задачу “усовершенствовать теорию тяготения, чтобы она охватывала и быстропротекающие процессы и распространение гравитационных воздействий

в пространстве и времени”. В теории он уделит им главное внимание [2, т. 1, с. 317]. Начав с включения гравитации в рамки СТО, он в итоге приходит к её геометризации.

Свою теорию Эйнштейн основывает на принципе эквивалентности, то есть на убеждении, “что пропорциональность инертной и тяжёлой масс является точным законом природы, который должен находить своё отражение уже в самих основах теоретической физики” [2, т. 1, с. 227], и что, согласно концепции Г. Минковского, мир четырёхмерен (три координаты пространства и одна координата времени), без чего ОТО “быть может, оставалась бы в зачаточном состоянии” [2, т. 1, с. 559].

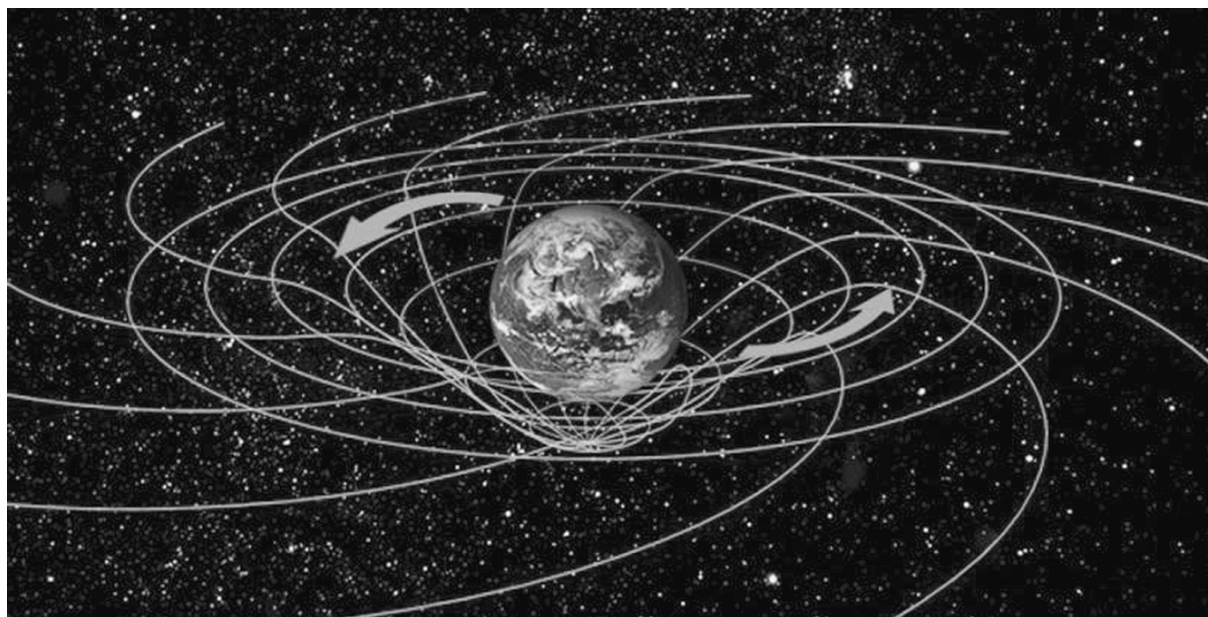
В зависимости от обстоятельств одно и то же качество тела (его масса) проявляет себя либо как “инерция”, либо как “тяжесть”, иными словами, $m_{ин} = m_{гр}$, что ранее неоднократно подтверждалось на опытах. Это позволило Эйнштейну заменить однородное поле тяжести равномерно ускоренной системой отсчёта. Поэтому полученные им уравнения гравитационного поля имеют одинаковую (ковариантную) форму для широкого класса возможных систем отсчёта.

Если же обратиться к математической концепции четырёхмерного мира (1907 г.) Г. Минковского, то в её основу положен опытный факт: предметом нашего восприятия всегда являются только места и времена, вместе взятые. Полагая многообразие значений координат и времени, можно говорить о мировой точке и мировой линии: для точки — отражение состояния физического явления на данный момент, а для линии — изменение состояний во времени.

Но затем в течение более чем трёх лет наступает молчание, обусловленное, во-первых, занимавшей Эйнштейна квантовой теорией, а во-вторых, не менее важными событиями повседневной жизни: рождением второго ребёнка, частой сменой мест работы, чтением лекций, налаживанием новых связей с учёными. Это не означало, что он не размышлял тогда над вопросами тяготения, но вплотную он занялся ими только в середине 1911 г.

В 1912 г. Эйнштейн начинает поиски математического аппарата, позволяющего вывести законы, по которым материя искривляет пространство—время. Благодаря М. Гроссману он останавливает свой выбор на тензорном анализе. В письме к А. Зоммерфельду Эйнштейн говорит о своих переживаниях: “Никогда в жизни я так не мучился, и теперь мне внушает большое уважение математика, тонкости которой раньше я по своей ограниченности считал роскошью” [3, с. 191].

Ему не сразу удалось обнаружить в расчётах ошибки и нестыковки, прежде чем он отыскал ту математику, что соответствовала бы его замыслам.



Искривление пространства вблизи гравитационной массы (по Эйнштейну)

Подобное уравнение тогда получил и Д. Гильберт, подробно обсуждавший с Эйнштейном его теорию, от которой он был в восторге: “Решительный подход Эйнштейна к постановке проблем, а также остроумные методы, предлагаемые им для их решения... открывают новые пути исследования оснований физики” [4, с. 133].

В ноябре 1915 г. Эйнштейн выводит уравнения гравитационного поля, связывающие воедино первые и вторые производные тензора Риччи с величинами, которые характеризуют материю, создающую это поле, — плотностью, потоками импульса и т.п. Он подчёркивает: “Прелесть этой теории едва ли может скрыться от того, кто действительно понимает её; она означает истинный триумф метода абсолютного дифференциального исчисления...” [2, т. 1, с. 426].

В декабре того же года в статье “Уравнения гравитационного поля” Эйнштейн вновь отметит эффективность этого метода математики: “Каждую физическую теорию, совместимую с частной теорией относительности, можно при помощи абсолютного дифференциального исчисления включить в схему общей теории относительности...” [2, т. 1, с. 451], демонстрируя тем самым действие принципа соответствия на материале специальной и общей теории относительности.

Из ОТО следовало, что вещество искривляет пространство—время, но и само движение вещества определяется геометрическими свойствами пространства—времени. Его геометрия, по образному выражению Дж. Уилера, “отныне не просто арена, где разыгрывается сражение материи и энергии. Геометрия сама принимает участие в

этой битве. Геометрия предопределяет законы движения материи, а материя, в свою очередь, предписывает геометрии кривизну” [5, с. 18].

Эйнштейн, по существу, подтвердил правоту предсказания английского математика В. Клиффорда о том, что “изменение кривизны пространства и есть то, что реально происходит в явлении, которое мы называем *движением материи*, будь она весома или эфирная” [4, с. 36]. С работой Клиффорда Эйнштейн познакомился ещё в бернский период своего творчества, и, возможно, она произвела на него достаточно глубокое впечатление.

Теорию Эйнштейна, связывающую воедино пространство, время и тяготение, нередко называют геометродинамикой. Сама же гравитационная сила (а ей подчиняется и свободно падающий наблюдатель) возникает из-за наличия рассеянной в космосе материи и её энергии. Земля и Луна, удалённые планеты, звёзды, газовые туманности, квазары и галактики вносят свой вклад в гравитационное поле Вселенной.

Согласимся с К. Торном, что в ходе создания общей теории относительности меняется и стиль работы Эйнштейна. Если вначале “его статьи поражали своей элегантностью, глубочайшей интуицией и умеренным использованием математики”, то уже начиная с 1912 г. они весьма активно “наполняются сложными математическими выкладками, которые, впрочем, перемежаются глубоким анализом сути физических законов” [6, с. 115, 116].

На основе ОТО Эйнштейн предсказывает искривление пучка света вблизи тяготеющей массы

(например, Солнца), изменение частоты света под действием поля тяготения (красное смещение), временную прецессию орбиты спутника около тяготеющей массы (Меркурия вблизи Солнца или движения в системе двойных пульсаров). В 1919 г. искривление светового луча наблюдал А. Эддингтон, а в 1960 г. в ходе наблюдений было подтверждено красное гравитационное смещение.

Выводом из ОТО явилось и предсказание Эйнштейном в 1916 г. того факта, что в пустом пространстве могут распространяться волны кривизны, то есть так называемые гравитационные волны. Они, подобно электромагнитным волнам, имеют ту же скорость распространения, несут энергию и импульс. Гравитационные волны вызывают движение тел, лежащих на их пути, но реально ожидаемый эффект столь мал, что, несмотря на все усилия учёных, до сих пор не наблюдался.

Кстати, в том же году Эйнштейн обратил внимание на возможность поиска квантового подхода к гравитации как таковой: “Атом вследствие внутриатомного движения электронов должен излучать не только электромагнитную, но и гравитационную энергию, хотя и в ничтожном количестве”. Поэтому, подчёркивает он, “нам кажется, что построение усовершенствованной квантовой теории должно повлечь за собой и видоизменение теории тяготения” [1, т. 1, с. 522, 642].

Позднее М.П. Бронштейн предложит квантовую теорию слабого гравитационного поля. В статье “Квантование гравитационных волн”, опубликованной в 1936 г. в “Журнале экспериментальной и теоретической физики”, гравитационное поле рассматривается им как своего рода квантово-механическая система, как “совокупность гравитационных квантов — частиц, аналогичных фотонам” [4, с. 442], то есть гравитонов. Со временем это направление будет развиваться и далее.

Между тем Эйнштейн, применив ОТО ко Вселенной в целом, в статье “Вопросы космологии и общая теория относительности” (1917) выводит обобщённое уравнение гравитационного поля. Учёный был убеждён в том, что строение мира должно быть максимально простым, а Вселенная — неизменной и статичной, однородной и изотропной. Мир в целом должен быть пространственно замкнутым и вечным во времени.

В 1922 и 1924 гг. российский математик А.А. Фридман выводит и полностью решает космологические уравнения, из которых следовало, что Вселенная должна либо расширяться, либо сжиматься. Эйнштейн не сразу, но всё же признает его правоту: “Оказывается, что уравнения поля допускают наряду со статическим также и динамические (т.е. переменные относительно времени)

центрально-симметричные решения для структуры пространства” [2, т. 2, с. 119].

В 1927 г. ученик А. Эддингтона Дж. Леметр, в сущности, повторил работу Фридмана, а в 1929 г. Э. Хаббл, исходя из своих наблюдений, представил доказательства того, что лучевые скорости галактик возрастают с увеличением расстояний до них. Из полученной им вполне убедительной зависимости следовало, что Вселенная расширяется: все расстояния между скоплениями галактик увеличиваются со временем.

Переворот в умах астрономов произошёл далеко не сразу.

Трудность в осознании этих фактов была вызвана сложностью ОТО и разобщённостью между теоретиками и наблюдателями, а также необычностью выводов теории, утверждавшей, например, возможность замкнутости пространства или существование начала эволюции мира в прошлом. Астрономам-практикам “психологически было трудно поверить в реальность таких утверждений, в корне меняющих их общее представление о Вселенной” [7, с. 74, 75].

Но Вселенная за счёт одного тяготения оставаться устойчивой не может. Чтобы компенсировать его, Эйнштейн вводит в своё уравнение постоянную, обозначающую плотность энергии вакуума, выполняющую роль антитяготения и уравнивающую гравитационное сжатие. В 1945 г. учёный возвращается к космологической проблеме и собственным сомнениям относительно необходимости универсальной постоянной — “космологической постоянной” [2, т. 2, с. 599].

С осмыслением релятивистских и квантовых идей Эйнштейна, знакомством с его публикациями по общей теории относительности росла его известность в мире науки и, как это часто бывает, начали улучшаться условия его службы: Берн, Цюрих, Прага, а с 1914 г. и Берлин с его знаменитыми университетом и Прусской академией наук, где профессор Эйнштейн проведёт лучшие годы своей творческой деятельности вплоть до изгнания его в 1933 г. фашистским режимом.

Уже с 1910 г. поступают предложения о присуждении Эйнштейну Нобелевской премии за создание теории относительности, причём с каждым годом число таких предложений растёт. Но премия была присуждена ему лишь в 1922 г. “за заслуги в области теоретической физики и в особенности за открытие закона фотоэлектрического эффекта”. Однако, по целому ряду субъективных причин, о теории относительности — ни слова.

Сопоставляя закон всемирного тяготения Ньютона с теорией гравитации Эйнштейна, следует подчеркнуть, что если у Ньютона силы мгновенно действуют на тела, а между самими телами

ничего не происходит, то у Эйнштейна не так важна сила, действующая на тела, сколько то, что происходит между телами, то есть гравитационное поле, которое распространяется во Вселенной со скоростью света.

Величайшая заслуга Эйнштейна состоит в том, что именно он сформулировал законы, управляющие гравитационным полем, именно из его уравнений поля выводится закон движения тел — уравнения движения, устанавливающие, как тела движутся. Иными словами, движение тел, независимо от величины их массы (планет, звёзд, галактик), вытекает из закона, управляющего полем, которое и определяет геометрию пространства—времени Вселенной.

В 1933 г. Эйнштейн описал свои переживания при создании ОТО: “В свете уже достигнутых результатов счастливо найденное кажется почти само собой разумеющимся, и любой толковый студент усваивает теорию без большого труда. Позади остались долгие годы поисков в темноте, полное предчувствий, напряжённое ожидание, чередование надежд и изнеможения и, наконец, прорыв к ясности. Но это поймёт только тот, кто пережил всё сам” [2, т. 2, с. 406].

Начиная с момента её рождения, общая теория относительности становится основой первых единых теорий электромагнитных и гравитационных полей в работах прежде всего Д. Гильберта (1915) и Г. Вейля (1919). По существу, с этого момента для многих физиков и математиков ОТО оказывается ядром программы единых геометризованных теорий поля, причём Эйнштейн в этой роли и в этой области оставался ведущим исследователем.

Свою первую статью по единой теории поля он опубликовал в 1922 г. Она свидетельствовала о попытке внести в новую созданную им геометрию мира не только саму гравитацию, но и электромагнетизм. Созданию единой теории поля Эйнштейн посвятил всю оставшуюся жизнь, особенно в период работы в Институте высших исследований в Принстоне (США), куда он переехал в 1933 г. после того, как испытал на себе последствия прихода фашистов к власти в Германии. Об этом Эйнштейн напишет в “Автобиографических набросках”: после создания теории гравитации оставшиеся годы “исключительно были посвящены усилиям вывести путём обобщения из теории гравитационного поля единую теорию поля, которая могла бы образовать основу для всей физики” [2, т. 4, с. 355].

В конечном счёте Эйнштейн потерпел неудачу, во-первых, потому, что если вначале он заботился о собственно физических аспектах очередной теории и поисках новых экспериментальных выводов, то в дальнейшем уделял им мало внимания; во-вторых, годами занимаясь полевой геометрической программой, он обычно пренебрегал про-

граммой квантово-теоретической, полагая, что квантовое содержание должно выводиться из его теории автоматически [8, с. 245].

В настоящее время на основе ОТО, то есть релятивистской теории гравитации и квантовой механики, наукой решаются многие проблемы космологии и физики элементарных частиц, связанные со свойствами пространства—времени, “красным” смещением в спектрах, волнами гравитации и гравитонами, с тёмной материей и энергией, с гравитационными линзами, чёрными дырами и т.д. Значение общей теории относительности Эйнштейна в решении этих вопросов весьма велико.

Ещё в год её создания К. Шварцшильд получил точное решение уравнений для гравитационного поля сферически-симметричного невращающегося тела. Для сферы Шварцшильда получен горизонт событий для чёрной дыры (термин введён Уилером). Правда, в чёрные дыры не верил Эддингтон, не верил и сам Эйнштейн, не верили вначале и Уилер и его знаменитый ученик Р. Фейнман, хотя сама теория чёрных дыр продолжала успешно развиваться.

Итак, на место абсолютного пространства пришло гравитационное поле, излучаемое ускоренно движущимися телами. Поле “отрывается” от них и распространяется в пространстве со скоростью света в виде поперечных гравитационных волн. Но так как гравитация — суть искривление пространства, то волны гравитационные — это волны его кривизны, то есть изменения геометрии пространства—времени. Эти волны сохраняют свойства гравитации — её слабость и вездесущность. По причине их слабости и больших помех они пока ещё не фиксируются гравитационными антеннами. Энергия этих волн будет достаточной для улавливания, если их источниками станут взрывы сверхновых звёзд, слияния релятивистских двойных или катастрофы при образовании чёрных дыр. Серьёзных результатов всё ещё нет, ибо для их получения нужна сверхчувствительная аппаратура. Тем не менее исследования учёных в этом направлении продолжают.

Открытия Эйнштейна были вызваны “его стремлением к глубокому физическому осмыслению формально-математических структур и операций, не имеющих аналога в классической физике; его приверженностью к фундаментальным принципам физического знания; ясным пониманием необходимости согласования теории с экспериментом как в её основаниях, так и во всех её конкретных следствиях, допускающих эмпирическую проверку” [9, с. 291].

Спустя три месяца после смерти Эйнштейна в Берне в 1955 г. состоялась первая Международная конференция по общей теории относительности и гравитации. Со временем будет проведено более

десять таких конференций (одна из них — в СССР, в Тбилиси, в 1968 г.). Все они несли на себе отсвет научных открытий Эйнштейна. Большинство физиков по сей день считают своим моральным долгом выразить восхищение его творчеством.

Теория относительности и квантовая механика создали благоприятные условия для бурного развития астрономии, обеспечив её эффективным теоретическим аппаратом и новейшей техникой наблюдений. Подобно небесной механике и астрофизике, космология, изучающая Вселенную, опирается на механику Ньютона и релятивистскую теорию тяготения Эйнштейна. Прежде всего его теория стала основой крупных открытий в космологии. Так, в конце XX в. было выяснено, что динамикой наблюдаемой Вселенной управляет не тяготение, а совсем иная сила — космическое отталкивание, или антитяготение. Оно действует на разбегающиеся галактики и усиливает их удаление друг от друга, из-за чего расширение Вселенной происходит с ускорением. Таким образом, современная наука вернулась к предсказанию Эйнштейна — к космологической постоянной и определению её числового значения.

Наука конца XX в. показала, что в той области пространства—времени, где его кривизна достигает максимума (чёрные дыры и начало образования Вселенной), приливные силы гравитации и кривизна пространства—времени становятся бесконечно большими. Иными словами, в подобных ситуациях законы ОТО действительно нарушаются и вступают в действие законы квантовой гравитации.

Чуть раньше, в 1970-е годы, зародилась теория струн, претендующая на описание всех видов взаимодействия, в том числе гравитационного. Тем самым преодолеваются противоречия между ОТО и квантовой механикой, они органично объединяются, позволяя понимать мир в чрезвычайно малых масштабах. Кстати, важнейший вывод теории струн — ещё одно теоретическое подтверждение возможного существования частиц гравитационного поля — гравитонов.

По мнению учёных, “теория струн даёт нам квантово-механическое описание гравитации, требующее пересмотра ОТО на длинах порядка планковской. А так как в основе общей теории относительности лежит понятие римановой геометрии, то и само это понятие должно быть модифицировано для соответствия новой физике, возникающей на малых расстояниях в теории струн... На длинах порядка планковской должна вступать в игру новая геометрия” [10, с. 155].

Занимаясь поисками решений сложнейших проблем теории относительности, Эйнштейн в полной мере осознавал необычайную новизну идей, с которой придётся столкнуться как его коллегам, так и учащейся молодёжи и широким

массам. Поэтому уже в процессе недолгого преподавания в Цюрихе, Праге и Берлине, в выступлениях, при подготовке популярных статей он стремился выступать в роли популяризатора своих идей [11]. Исходя из понимания того, что “чем более тонкой и специализированной становится наука, тем сильнее чувствуется необходимость постичь её существенные черты наглядно и легко, без технического аппарата” [2, т. 4, с. 194], Эйнштейн на примере своей теории демонстрирует возможность доступно излагать труднейшие вопросы современной физики. Его статья “О специальной и общей теории относительности (общедоступное изложение)” — тому свидетельство. В ней Эйнштейн ставит благородную цель “дать возможно точное представление о теории относительности читателям, интересующимся этой теорией с общенаучной, философской точки зрения”, имеющим лишь общую подготовку, терпение и силу воли. Он приложил немало усилий, “чтобы достигнуть по возможности более ясного и простого изложения основных мыслей в той последовательности и связи, в какой они фактически возникли” [2, т. 1, с. 530].

Мимо взглядов Эйнштейна на науку и научное познание, на роль науки в жизни цивилизации не могли пройти как учёные-естественники, так и представители гуманитарного знания — философы, психологи и педагоги, равно как и деятели литературы и искусства. Эйнштейна боготворили, его идеи стремились понять, у него учились искусству ставить цели и постигать тайны бытия.

По замечанию Дж. Холтона, последние десятилетия своей жизни Эйнштейн “выступает не только как выдающийся учёный, но и как популяризатор, педагог и философ-учёный, следуя традициям Анри Пуанкаре, Эрнста Маха и других представителей предыдущего поколения. Совершенно очевидно, что к этой роли просветителя он относился весьма серьёзно и пытался сделать всё возможное, чтобы писать ясно и понятно для неспециалиста” [12, с. 121].

В России, а затем и в СССР теория относительности Эйнштейна была воспринята положительно П.Н. Лебедевым, Н.А. Умовым и О.Д. Хвольсоном, а также И.И. Боргманом и Д.А. Гольдгаммером. С конца 1920-х годов эта теория прочно вошла в обиход советских физиков. Благодаря работам прежде всего Л.Д. Ландау, М.П. Бронштейна, И.Е. Тамма, И.М. Франка и особенно В.А. Фока теория относительности рассматривалась в СССР как фундаментальное завоевание науки.

В вузах российскими физиками читаются специальные курсы по теории относительности, появляются первые учебники — “Теория относительности” (1923) Я.И. Френкеля и “Основы теории относительности” (1924) В.К. Фредерикса и А.А. Фридмана. В те времена между сторонниками теории и её противниками разгорались острые

научные и философские дискуссии, которые, даже несмотря на господство партийной идеологии в науке, закончились для неё удачно.

Начиная с 1960-х годов на книжные прилавки страны хлынул целый поток научной, исторической и популярной литературы, посвящённой творчеству Эйнштейна. Это его четырёхтомное “Собрание научных трудов” и “Эйнштейновские сборники”, в которых опубликованы отдельные статьи Эйнштейна, рассуждения российских и зарубежных учёных относительно его открытий и их роли в развитии науки. Из них более четырёх десятков посвящено общей теории относительности.

За десятилетия в стране сформировалась мощная группа учёных, продолживших разработку отдельных положений теории Эйнштейна и её применения в космологии: В.А. Фок, А.З. Петров, Д.Д. Иваненко, А.Л. Зельманов и прежде всего Я.Б. Зельдович с его научной школой (в частности, с И.Д. Новиковым), которая, по определению К. Торна, была одной из лучших в мире, а её создатель “на протяжении 1970-х и 1980-х годов оставался наиболее влиятельным астрофизиком в мире” [6, с. 530]

Преобразуя физику, Эйнштейн умом и сердцем оставался приверженцем детерминизма. Этим он напоминает Э. Шрёдингера. Но если творчество последнего было лишь двухлетней “яркой вспышкой гения” [13], то Эйнштейна — 20-летним “ярчайшим горением”. Оба они занимались ОТО, и оба с недоверием относились к вероятностной трактовке событий, отдавая предпочтение волновой форме материи и оставаясь при этом натурфилософами.

Через 40 лет после появления ОТО Альберта Эйнштейна не стало. Однако его теория, сохранив свои позиции в макроскопической науке, способствовала дальнейшему развитию теоретической физики и космологии. Прошло 60 лет по-

сле смерти этого величайшего учёного XX в., но интерес к его творчеству не иссякает и сегодня, а число публикаций, посвящённых ему, продолжает расти.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии. М.: Наука, 1989.
2. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. Т. I–IV. М.: Наука, 1965–1967.
3. *Зоммерфельд А.* Пути познания в физике. Сб. статей. М.: Наука, 1973.
4. Альберт Эйнштейн и теория гравитации. Сб. статей. М.: Мир, 1979.
5. *Уилер Дж.А.* Предвидение Эйнштейна. М.: Мир, 1970.
6. *Торн К.* Чёрные дыры и складки времени. Дерзкое наследие Эйнштейна. М.: Изд-во физико-математической литературы, 2009.
7. *Шаров А.С., Новиков И.Д.* Человек, открывший взрыв Вселенной: Жизнь и труд Эдвина Хаббла. М.: Наука, 1989.
8. *Визгин В.П.* Единые теории поля в первой трети XX века. М.: Наука, 1985.
9. *Визгин В.П.* Релятивистская теория тяготения. М.: Наука, 1981.
10. *Грин Б.* Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М.: КомКнига, 2007.
11. *Щербаков Р.Н.* “Неотразимо привлекательный учитель” // Педагогика. 2004. № 8.
12. *Холтон Дж.* Тематический анализ науки. М.: Прогресс, 1981.
13. *Щербаков Р.Н.* Эрвин Шрёдингер: яркая вспышка гения // Природа. 2012. № 6.

Р.Н. ЩЕРБАКОВ,
доктор педагогических наук
robertsch961@rambler.ru

DOI: 10.7868/S0869587315020024

НОВЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ
В ОБЛАСТИ РАДИОЭКОЛОГИИ

С 7 по 12 сентября 2014 г. в Барселоне (Испания) проходила 3-я Международная конференция по радиоэкологии и радиоактивности окружающей среды (ICRER 2014 – The 3rd International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity). Такие собрания учёных устраиваются раз в три года под эгидой трёх организаций ООН – Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и Научного комитета по действию атомной радиации (НКДАР), а также других международных организаций. Эти конференции являются наиболее представительными встречами радиоэкологов и специалистов по радиационной безопасности и отражают основные достижения в данной области знания за последние годы.

Не стала исключением и конференция в Барселоне, программу которой составили выступления 500 участников из 42 стран. Российская радиоэкология была достойно представлена на этом престижном форуме, по числу выступлений российские специалисты далеко опередили даже те страны, где радиоэкологические исследования в настоящее время находятся на подъёме (Франция, Япония, Великобритания, Норвегия, Бельгия). Это ещё раз подтвердило роль отечественных исследований проблемы “радиоактивность и окружающая среда”: начиная с основополагающих работ В.И. Вернадского, Н.В. Тимофеева-Ресовского и В.М. Ключковского радиобиология и радиоэкология традиционно являются сильными сторонами русской науки.

Помимо пленарного заседания, работа конференции проводилась в 11 секциях, охвативших все основные направления современной радиоэкологии: ядерное наследие; характеристика и оценка рисков; подготовка к аварийным ситуациям, реабилитация и управление; естественная радиоактивность, включая радон и техногенно увеличенное содержание естественных радионуклидов; обращение с радиоактивными отходами; миграция радионуклидов в экологических системах и по пищевым цепочкам; модификация радиоэкологических эффектов в экстремальных природных условиях; защита окружающей среды и управление рисками; комбинированные воздействия и радиобиологические эффекты; уроки

аварии на АЭС “Фукусима Дайичи”; мониторинг и метрология.

В течение времени, прошедшего между двумя последними конференциями, произошло знаковое для радиоэкологии событие – радиационная авария на АЭС “Фукусима Дайичи” в Японии 11 марта 2011 г. Изучение последствий этой катастрофы дало импульс для развёртывания широкой программы международных исследований, результаты которых обсуждались на конференции. К её началу был подготовлен научный отчёт НКДАР ООН, с которым выступил председатель этой организации **В. Вайс**. В целом радиоэкологические последствия японской аварии оказались менее значительными, чем аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. Прямые эффекты облучения растений и животных наблюдались лишь в непосредственной близости от АЭС у представителей водной фауны. Полученные с помощью ERICA Tool оценки дозы облучения даже в 30-километровой зоне АЭС были ниже тех, которые могут вызвать радиационное повреждение флоры и фауны, сообщил **Дж. Бэтлл** (Бельгия).

Основная часть радиоактивного выброса японской АЭС пришлась на морскую акваторию, в связи с чем этому сегменту природной среды уделяется наибольшее внимание. Концентрации ¹³⁷Cs в рыбе в ближней зоне АЭС достигали очень высоких значений – 700 кБк/кг. По словам **Т. Оно**, **Т. Язутаки** (Япония), **Б. Мокрейна** (Франция), распределение радионуклидов в системе “донные отложения–вода–гидробионты” остаётся неравновесным, что усложняет прогноз их распространения по компонентам экосистемы и накопления в водных организмах, поэтому важным является построение динамических моделей пространственного и временного распределения ¹³⁷Cs в разных областях в регионе аварии.

Реабилитационные мероприятия в наземной части зоны аварии охватывают площадь около 13000 км². В стратегии контрмер применительно к почвенно-растительному покрову и лесонасаждениям акцент был сделан на удаление верхнего, наиболее загрязнённого слоя почвы с её складированием и последующим захоронением. Этот подход к реабилитации загрязнённых радионуклидами территорий коренным образом отличается от системы защитных мероприятий в агро-

ре в районах Кыштымской аварии на Южном Урале (1957) и Чернобыльской аварии, где ведущее значение имели внесение удобрений, зонирование специализации сельского хозяйства в соответствии с содержанием радионуклидов на территории, рациональное кормление животных. Японская система реабилитации загрязнённых сельскохозяйственных угодий предполагает удаление и захоронение 5–29 млн. т почвы, которая по существу представляет собой низко- и средне-активные отходы. Количество таких радиоактивных отходов (РАО) примерно равно объёму ежегодно производимых твёрдых бытовых отходов в Японии. О масштабах накопленных РАО при указанной стратегии реабилитации можно судить по следующим показателям: при работе АЭС мощностью 1000 МВт (эл.) количество операционных отходов достигает 250–400 м³/год, низкоактивных отходов в течение 60 лет – 15 000–20 000 м³/год, при снятии АЭС с эксплуатации – 5000–10 000 м³/год.

Самостоятельную группу составляет проблема ядерного наследия, которая возникла в результате радиоактивного загрязнения участков природной среды вследствие оборонной деятельности: создание ядерного оружия в форс-мажорных обстоятельствах сопровождалось проведением ядерных испытаний и радиационными авариями на предприятиях оружейного комплекса. Их последствия были отнесены к отложенным проблемам, и в настоящее время в России и мире приступили к их поэтапному решению: предпринимаются усилия по реабилитации загрязнённых в ходе создания ядерного оружия регионов. На конференции рассматривались результаты реабилитации загрязнённых в ходе утилизации снятых с эксплуатации атомных подводных лодок районов Кольского полуострова (**Н.К. Шандала**, Россия), Семипалатинского испытательного полигона (**К.Х. Вендел**, Норвегия), мест расположения предприятий уранодобывающей промышленности в Центральной Азии (**Л. Скипперуд**, Норвегия).

Об опыте сельскохозяйственной реабилитации больших территорий после Кыштымской аварии 1957 г. и Чернобыльской 1986 г. рассказала представитель МАГАТЭ **Б. Ховард**. Обе аварии рассматриваются как сельские с учётом того, что содержащая радионуклиды аграрная продукция является важным источником радиационного воздействия на население. Регулирование суммарной дозы облучения населения в зоне аварии технологически и экономически эффективнее реализуется в отношении сельских жителей, которые составляют основной контингент в этой зоне, дозовые нагрузки на горожан ниже. Была описана система защитных мероприятий в разных отраслях сельского хозяйства (земледелие, растениеводство, животноводство, переработка продукции), позволяющих получать пищевую продукцию, отвечающую радиологическим стан-

дартам, и эффективно возвращать большие площади в хозяйственное пользование. Все предложенные контрмеры получили экономическую (по финансовым затратам) и радиологическую (по сокращению доз облучения) оценку. Многие из них, например, внесение минеральных удобрений, специальные виды пахоты, использование кормовых добавок в рационах сельскохозяйственных животных, подбор видов растений с минимальным накоплением радионуклидов, обеспечивают снижение концентрации ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в сельскохозяйственных продуктах до 5–10 раз.

В последние годы произошли значительные изменения в базовой концепции радиационной защиты окружающей среды. В 1970–1980-е годы Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ) был сформулирован основополагающий *принцип радиационной безопасности живых организмов (биоты) в природной среде*. Согласно этому принципу, получившему название антропоцентрического, “если радиационными стандартами защищён человек, то в этих условиях защищённой от воздействия ионизирующих излучений оказывается и окружающая среда”. В последующем корректность данного постулата была поставлена под сомнение. В частности, удалось показать, что радиочувствительность ряда живых организмов близка к радиорезистентности человека, а дозы облучения некоторых растений и животных в дикой природе выше, чем человека, находящегося в той же экосистеме. Возросшая озабоченность общества экологическими проблемами обусловила необходимость смены парадигмы радиационной защиты окружающей среды, на смену антропоцентрическому принципу пришёл экоцентрический. В соответствии с ним предполагается гармонизация подходов к обеспечению радиационной защиты человека и биоты одновременно с приведением прямых доказательств защищённости живых организмов. Были представлены результаты инициированных МКРЗ, МАГАТЭ, Международным союзом радиоэкологии работ по развитию системы радиационной защиты биоты. Об итогах международных проектов EMRAS, MODARIA, COMET, европейской инициативы “Radioecology Alliance” и перспективах будущих исследований рассказали **Ф. Брешиньяк** (Франция), **А. Риал** (Испания), **Н. Бересфорд** (Великобритания), **Х. Ван ден Хове** (Бельгия), **К. Бредшоу** (Швеция).

Большой интерес вызвали сообщения американских учёных **Н. Мартинес** и **Е. Кэффри** о разработке объёмных моделей референтных животных из перечня МКРЗ с использованием современных методов 3D-моделирования, компьютерной и магниторезонансной томографии для получения реалистичных дозиметрических оценок. **Г. Малиновский** (Россия) представил данные о современных уровнях облучения мелких млекопитающих в пределах Восточно-Уральского радио-

активного следа. Особое внимание он уделит уточнению оценок доз внутреннего облучения животных. Интересные сведения о накоплении Рн в тканях диких млекопитающих в Австралии, а также результаты оригинальных исследований возможности внедрения нелетальных методов отбора проб, не предполагающих гибели животных, представил **М. Иохансен** (Австралия). Важнейшая задача установления связи биологических эффектов, возникающих на разных уровнях биологической организации — от молекулярного до организменного и популяционного, анализировалась **Ф. Алонзо** с коллегами (Франция) в ходе исследований хронического воздействия U , ^{241}Am и ^{137}Cs на классический объект токсикологии — дафилию.

Изучение поведения животных в естественной среде обитания необходимо для перехода от упрощённых радиоэкологических моделей к более реалистичным. Оригинальные методы и результаты полевых наблюдений за дикими млекопитающими, проводившихся в Швеции и Чернобыльской зоне, были представлены **М. Вудом** (Великобритания). Пространственную и временную динамику дозовых нагрузок для амфибий обсуждала **К. Старк** (Швеция).

Проблема обращения с радиоактивными отходами остаётся одной из центральных в радиоэкологии. В ряде районов расположения существующих и планируемых объектов по хранению и захоронению РАО применены общеэкологические и биосферные программы мониторинга и долгосрочного прогнозирования поведения радионуклидов в окружающей среде. Так, **Т. Пере** и **В. Кангасниemi** (Финляндия) предложили экосистемную стратегию оценки состояния наземных и водных биогеоценозов в районе сооружаемого объекта захоронения отработанного ядерного топлива вблизи АЭС “Олкилуото” (Финляндия).

Для объектов, где предполагается долговременное хранение РАО, актуальны прогностические исследования на долгосрочную перспективу. Чтобы обосновать безопасность хранилища РАО Эль Кабрил в Испании была осуществлена интеграция радиоэкологических и биосферных моделей с учётом возможных изменений ландшафта и климата в будущем (**Д. Перес-Санчес**, Испания). **Е. Андерсон** (Швеция) представила долгосрочные (на период 100 тыс. лет) оценки риска для человека и биоты широкого спектра радионуклидов (^{14}C , ^{36}Cl , ^{59}Ni , ^{93}Mo , ^{131}I) в ближней и дальней зонах подземного хранилища долгоживущих РАО на площадке Форсмарк в Швеции в соответствии с разными сценариями изменения состояния биосферы и ландшафта (образование на месте хранилища разных биотопов — от болота до морского дна). Аналогичные подходы были использованы для оценки долгосрочных радиоэкологических перспектив площадки АЭС “Олкилуото” в Финляндии с учётом прогнозируемых геологических и ландшафтных изменений (**А.Т.К. Иконен**,

Финляндия). Радиоэкологическое биосферное моделирование было использовано **Р. Валке** (Великобритания) для сопоставления результатов, получаемых на простых и сложных моделях, на примере площадки Форсмарк. Совершенствованию оценки долговременных последствий захоронения РАО, получаемой методами биосферного моделирования (включая оптимизацию уровня консерватизма, снижение неопределённостей, обмен информацией), посвящён международный проект BIOPROTA, о котором рассказал **Г. Смит** (Великобритания).

Результаты изучения сорбционных свойств скалистых пород Нижнеканского массива в Красноярском крае — места перспективного расположения объекта глубинного захоронения высокоактивных отходов — по отношению к техногенным радионуклидам в аэробных и анаэробных условиях и в зависимости от pH почв и грунтов представил **В. Петров** (Россия).

В арсенале современной радиоэкологии всё шире используется понятие радиационного риска для оценки безопасности различных ядерных объектов или технологических процессов, связанных с ионизирующими излучениями. Обычно радиационный риск оценивается как число летальных случаев в единицу времени для определённого контингента людей. Введение концепции радиационного риска с учётом количественного определения позволяет выстроить в единую линейку разные виды опасности (например, химической и др.).

Развитие концепции радиационной защиты биоты и необходимость её интеграции с существующими системами оценки радиационного риска делают необходимым обновление соответствующих регулирующих документов и технических руководств. О деятельности МАГАТЭ в этом направлении говорила представитель этой организации **Т. Янкович**, которая охарактеризовала работу агентства над руководством по безопасности SRS-19. Ранее этот документ содержал указания по оценке дозовых нагрузок на население от выбросов радиоактивных веществ в окружающую среду. Новая его редакция будет включать указания по скрининговой оценке радиационного воздействия не только на “референтного” человека, но и на референтных животных и растения.

Повышение радиационного фона за счёт рассеяния в окружающей среде антропогенных радионуклидов послужило причиной более детального изучения миграции природных радионуклидов по трофическим цепочкам. Это относится как к транспорту естественных радионуклидов, находящихся в окружающей среде в кларковых концентрациях, так и к тем их количествам, концентрация которых в почвах, растениях и других объектах окружающей среды возрастает вследствие техногенных процессов (техногенно увеличенное содержание радионуклидов TENORM — techno-

logically enhanced naturally occurring radioactive materials). Регионы с повышенной естественной радиоактивностью привлекают внимание при изучении радиобиологических и радиэкологических последствий длительно действующего хронического облучения на живые организмы. К таким районам с интенсивным потоком естественных радионуклидов по трофическим цепочкам относятся места добычи уранового сырья, разработки фосфоритов, выхода минеральных вод, добычи нефти и газа. Так, в Нигерии потребление питьевой воды из 46% колодцев приводит к облучению населения в дозах более 1 мЗв/год, что выше допустимого уровня (Л. Нванкво, Нигерия). Повышенные дозы облучения гидробионтов создаёт содержащийся в морских водах ^{210}Po (Я. Тумной, Таиланд; С.К. Яа, Индия). МАГАТЭ публикует серию обзорно-аналитических документов по радиэкологии основных естественных радионуклидов — Ra, Th, Po (М. Фанэ, МАГАТЭ). В центре внимания радиэкологов продолжают оставаться экология и радиационная гигиена радона ^{222}Rn — основного дозообразующего естественного нуклида (Ван Девентер, ВОЗ).

В последние годы возросло число экологических исследований по оценке эффектов сочетанного действия ионизирующих излучений (особенно в условиях хронического воздействия доз малой мощности) и других токсических факторов (например, тяжёлых металлов). Именно такие условия характеризуют современные реальные ситуации техногенных воздействий. Проблема этих исследований весьма разнообразна и касается отдалённых эффектов хронического радиационного воздействия, в том числе в ряду поколений на разных биологических объектах (дафния, арабидопсис, сосна, мышевидные грызуны), влияния почвенных параметров (главным образом pH) на формирование радиационно-индуцированного стресса у растений. Поскольку в реальных условиях на растения и животных, населяющих радиоактивно загрязнённые территории, действует комплекс факторов разной природы, значительное внимание уделяется методам оценки сочетанного влияния разных факторов как в полевых, так и в лабораторных условиях. Отличительной чертой этих исследований является широкое использование современных молекулярных методов геномики, протеомики и технологии микрочипов.

Характерной особенностью современных радиэкологических исследований стала их интеграция в крупные комплексные международные проекты (например, STAR и COMET). Сеть радиэкологических программ научных исследований, в которых акцентируется внимание на наиболее актуальных проблемах, объединена Международным союзом радиэкологии в единую систему “Форум”. На первом этапе эта финансируемая Европейской комиссией инициатива объединила работающие в области радиэкологии и

радиобиологии лаборатории восьми европейских стран (Франция, Бельгия, Норвегия, Великобритания, Германия, Швеция, Финляндия и Испания). Одним из итогов сотрудничества стала консолидация усилий ведущих радиэкологических институтов Европы в работах по наиболее актуальным направлениям, впервые была сформулирована программа исследований в области радиэкологии на ближайшие 20 лет (Strategic Research Agenda for Radioecology). В настоящее время к этим проектам присоединяются радиэкологи других стран (Япония, Казахстан, Украина). Вызывает сожаление, что, несмотря на признаваемый всеми высокий уровень развития радиэкологии в нашей стране, российские исследователи не принимают участия в реализации этих научных проектов.

Международные конференции служат площадкой для переговоров о сотрудничестве между учёными разных стран. Не стал исключением и форум в Барселоне. Были достигнуты договорённости о проведении совместных исследований учёными России, Бельгии, Великобритании, Франции, Швеции и Украины.

По традиции на конференции была вручена высшая научная награда Международного союза радиэкологии — Золотая медаль В.И. Вернадского — одного из основоположников радиэкологии. Её лауреатом стала Брит Салбу — известный специалист в области радиохимии и радиоактивности окружающей среды, руководитель изотопной лаборатории Норвежского университета биологических наук. Так оценен её выдающийся вклад в развитие радиэкологии и распространение знаний в этой области.

Итоги конференции позволили наметить ряд основных задач исследований в области защиты окружающей среды от воздействия ионизирующих излучений, связанных с обеспечением радиэкологической безопасности ядерной энергетики, обращением с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом, а также реабилитацией загрязнённых территорий.

*Р.М. АЛЕКСАХИН,
академик, вице-президент
Международного союза радиэкологии,
Всероссийский НИИ радиологии
и агроэкологии ФАНО
alexakhin@yandex.ru*

*С.А. ГЕРАСЬКИН,
доктор биологических наук,
Всероссийский НИИ радиологии
и агроэкологии ФАНО
stgeraskin@gmail.com*

*А.А. УДАЛОВА,
доктор биологических наук,
Национальный исследовательский ядерный
университет “МИФИ”
oudalova@mail.ru*

ОФИЦИАЛЬНЫЙ
ОТДЕЛ

ПРЕЗИДИУМ РАН РЕШИЛ

(ноябрь—декабрь 2014 г.)

• Возложить на председателя Научно-технического совета Военно-промышленной комиссии при Правительстве РФ академика **Ю.М. Михайлова** исполнение обязанностей вице-президента РАН.

• Заслушав предложения вице-президента РАН академика **С.М. Алдошина** об основных принципах участия РАН в мониторинге и оценке результатов деятельности научных организаций Российской Федерации, экспертном обеспечении вневедомственной оценки их результативности, Президиум РАН постановляет: образовать Комиссию РАН по мониторингу и оценке результатов деятельности научных организаций Российской Федерации, независимо от их ведомственной принадлежности, а также экспертизу научных и (или) научно-технических результатов, созданных за счёт средств федерального бюджета; поручить вице-президенту РАН академику **С.М. Алдошину** представить на утверждение Президиуму РАН положение о комиссии и её составе; подготовить предложения об упразднении в установленном порядке комиссий РАН, РАМН и РАСХН об оценке результативности деятельности подведомственных им научных организаций; поручить отделением РАН по областям и направлениям науки предусмотреть, исходя из новых задач и функций РАН, в персональных составах экспертных и научных советов представителей как фундаментальной, так и прикладной науки, специалистов ведущих вузов, промышленности, бизнеса; поручить члену-корреспонденту РАН **Л.Э. Миндели** подготовить предложения о выполнении функций по научно-методическому и информационному обеспечению мониторинга и оценке результатов деятельности научных организаций, а также о дальнейшем использовании и развитии Автоматизированной системы учёта результатов интеллектуальной деятельности РАН Институтом проблем развития науки РАН.

• Заслушав и обсудив доклад заместителя президента РАН доктора экономических наук **В.В. Иванова** о новой редакции Программы фундаментальных научных исследований РФ на долгосрочный период, Президиум РАН постановляет: одобрить проект Программы фундаментальных научных исследований РФ на долгосрочный период с учётом замечаний, высказанных на заседании Президиума РАН; направить проект про-

граммы в Правительство РФ. Контроль за выполнением постановления возложить на заместителя президента РАН доктора экономических наук **В.В. Иванова**.

• Ввести **В.Б. Уварова** (ОАО “Объединённая ракетно-космическая корпорация”, по согласованию) в состав бюро Совета РАН по космосу.

Ввести в состав Совета РАН по космосу: доктора физико-математических наук **О.Д. Далькарлова** (Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН); академика **Е.А. Микрина**; **Ю.В. Власова**, **С.А. Пилипенко** и доктора технических наук **Г.Г. Райкунову** (ОАО “Объединённая ракетно-космическая корпорация”, по согласованию); доктора биологических наук **А.А. Сирина** (Институт лесоведения РАН).

• Утвердить состав Комиссии РАН по золотым медалям и премиям имени выдающихся учёных, присуждаемым Российской академией наук: академик **Л.Д. Фаддеев** — председатель; академик **А.И. Григорьев** — заместитель председателя; академик **И.А. Соколов** — заместитель председателя; доктор технических наук **А.А. Макоско** — заместитель главного учёного секретаря Президиума РАН, учёный секретарь; академик **Е.П. Велихов**; доктор политических наук **А.А. Громыко** (Институт Европы РАН); член-корреспондент РАН **А.А. Завалин**; академик **А.Н. Лагарьков**; академик **А.Г. Литвак**; академик **В.Л. Макаров**; доктор технических наук **С.Ю. Мисюрин** (Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН); академик **А.С. Спирин**; академик **В.А. Тутельян**; академик **А.Ю. Цивадзе**; академик **А.О. Чубарьян**; академик **В.В. Ярмолюк**.

• Считать утратившим силу постановление Президиума РАН от 19 мая 2009 г. № 131 “О Российском Пагуошском комитете”.

Утвердить Положение о Российском Пагуошском комитете:

Общие положения

Российский Пагуошский комитет создан при Академии наук СССР в 1957 г. как Советский Пагуошский комитет в соответствии с постановлениями Президиума АН СССР от 9 августа 1957 г. № 596 “Об участии советских учёных в Международной конференции по опасностям атомной войны в Пагуоше (Канада)” и от 10 октября 1958 г.

№ 647 “Об участии делегации Академии наук СССР в 3-й Пагуошской конференции”, а также с решениями вышестоящих органов. В 1991 г. в связи с воссозданием Российской академии наук Советский Пагуошский комитет преобразован в Российский Пагуошский комитет. В соответствии с постановлением Президиума РАН от 26 января 1999 г. № 20 “О национальных комитетах, комитетах и комиссиях при Российской академии наук и при Президиуме Российской академии наук” комитет состоит при РАН.

Комитет не имеет статуса юридического лица, состоит при Президиуме РАН, является национальным комитетом РАН и действует в качестве научно-координационного и научно-консультативного органа Президиума РАН.

Комитет создан в целях развития и укрепления международных научных связей и координации участия РАН, членов РАН, отдельных учёных, студентов и молодых специалистов России в деятельности международной неправительственной научной организации “Пагуошское движение учёных” (Pugwash Conferences on Science and World Affairs), учреждённой в соответствии с резолюцией Манифеста Рассела–Эйнштейна от 9 июля 1955 г. на международной конференции учёных, состоявшейся 7–10 июля 1957 г. в Пагуоше (Канада).

Комитет в своей деятельности руководствуется Конституцией РФ, Законодательством РФ, Уставом РАН, постановлениями Общего собрания членов РАН, постановлениями Президиума РАН, распоряжениями президента РАН, уставными и программными документами Пагуошского движения учёных и настоящим Положением.

Комитет осуществляет свою деятельность во взаимодействии с органами государственной власти Российской Федерации и субъектов Российской Федерации, Президиумом РАН и его аппаратом, отделениями, региональными отделениями, региональными научными центрами, представительствами, научными советами, комитетами и комиссиями РАН, а также с международными руководящими органами Пагуошского движения учёных и национальными Пагуошскими комитетами. Комитет взаимодействует с учреждениями науки и культуры, высшими учебными заведениями, общественными и профессиональными объединениями, средствами массовой информации.

Президиум РАН предоставляет комитету отдельное помещение, осуществляет финансовое, материальное, техническое и хозяйственное обеспечение комитета. В установленном порядке РАН уплачивает ежегодный членский взнос в Пагуошское движение учёных. Президиум РАН оказывает комитету необходимую организационную и информационную помощь в его работе, в том числе в техническом сопровождении и финансовом обеспечении работы официального сайта ко-

митета и информационно-телекоммуникационной сети Интернет [http:// www.pugwash.ru](http://www.pugwash.ru), приобретении необходимых периодических изданий, а также предоставлении официальных, справочных и информационных изданий, опубликованных РАН.

Место нахождения комитета — г. Москва. Официальное наименование комитета: на русском языке — Российский Пагуошский комитет, на английском языке — Russian Pugwash Committee. Комитет имеет типографские бланки с обозначением своего наименования, печати внутреннего пользования и штампы.

Положение о комитете и любые изменения в нём утверждаются Президиумом РАН по представлению председателя комитета.

Основные направления деятельности комитета

В соответствии со своими основными задачами комитет

в рамках своей компетенции содействует достижению целей и способствует реализации основных задач и функций РАН;

организует и координирует международное и межрегиональное научное сотрудничество по вопросам разоружения, контроля над вооружениями, нераспространения, сокращения и запрещения оружия массового уничтожения, всеобщей и региональной безопасности, предотвращения локальных войн и конфликтов, энергетической и экологической безопасности, защиты прав и свобод человека, развития международных и межрегиональных научных связей, социальной ответственности научного сообщества, истории науки и международных отношений;

организует подготовку к конференциям Пагуошского движения учёных, иным мероприятиям Пагуошского движения учёных, утверждает тематику докладов и персональный состав российских участников мероприятий Пагуошского движения учёных;

рекомендует по согласованию с Президиумом РАН российских учёных для избрания на руководящие должности Пагуошского движения учёных, в состав Совета и Исполнительного комитета Пагуошского движения учёных, других постоянных руководящих и консультативных органов Пагуошского движения учёных;

осуществляет постоянную связь с международными руководящими органами Пагуошского движения учёных и национальными Пагуошскими комитетами;

ведёт переписку по всем вопросам деятельности комитета, в том числе связанным с подготовкой конференций и других мероприятий, проводимых комитетом и Пагуошским движением учёных;

информирует Президиум РАН, заинтересованные ведомства, учреждения и организации и отдельных учёных о решениях комитета, Совета, Исполнительного комитета и секретариата Пагуошского движения учёных, а также об итогах и рекомендациях мероприятий комитета и Пагуошского движения учёных;

содействует установлению и развитию связей российских научных учреждений, высших учебных заведений и отдельных учёных с Пагуошским движением учёных;

способствует обмену научной литературой и информацией с участниками Пагуошского движения учёных, а также других международных союзов и научных неправительственных организаций, членство в которых осуществляет РАН;

способствует вовлечению молодых учёных и специалистов научных учреждений и высших учебных заведений Российской Федерации в деятельность Пагуошского движения учёных, их участие в мероприятиях Международного студенческого и молодёжного Пагуошского движения.

Права комитета

Комитет имеет право:

вносить в установленном порядке в рамках своей компетенции в Президиум РАН проекты постановлений Президиума РАН, иные предложения и рекомендации;

вносить в установленном порядке в Президиум РАН предложения о командировании за счёт средств РАН членов РАН, состоящих в трудовых отношениях с РАН, и работников РАН на мероприятия комитета и Пагуошского движения учёных, проводимые на территории Российской Федерации и за рубежом; вносить в установленном порядке в Президиум РАН предложения о командировании членов РАН, членов комитета, а также других российских учёных и молодых специалистов на мероприятия комитета и Пагуошского движения учёных, проводимые на территории Российской Федерации и за рубежом;

вносить по представлению международных руководящих органов Пагуошского движения учёных предложения в Президиум РАН о размере ежегодного членского взноса РАН в Пагуошское движение учёных;

создавать, исходя из задач и основных направлений деятельности комитета, молодёжное отделение комитета, а также секции и комиссии комитета;

участвовать по согласованию с Президиумом РАН в организации и проведении в Российской Федерации международных, национальных и региональных конференций, симпозиумов, чтений, семинаров, официальных визитов руководства Пагуошского движения учёных и его националь-

ных комитетов, а также мемориальных и юбилейных мероприятий в рамках основных направлений деятельности комитета и Пагуошского движения учёных; участвовать в организации и проведении в соответствии с действующим законодательством видеоконференций, форумов и иных мероприятий с использованием информационно-телекоммуникационной сети Интернет; участвовать в организации и проведении выставок и презентаций по основным направлениям деятельности комитета и Пагуошского движения учёных; вносить в установленном порядке в Президиум РАН предложения по финансированию за счёт средств РАН указанных мероприятий;

организовывать подготовку к печати информационных и справочных бюллетеней, буклетов и брошюр, связанных с основными направлениями деятельности комитета и Пагуошского движения учёных;

представлять в установленном порядке в Президиум РАН для утверждения к печати рукописи монографий, сборников научных статей, трудов и тезисов докладов конференций, симпозиумов и семинаров, а также рукописи научно-популярных изданий по основным направлениям деятельности комитета и Пагуошского движения учёных;

иметь сайт в информационно-телекоммуникационной сети Интернет и страницу в соответствующем разделе официального сайта РАН;

запрашивать в установленном порядке в Президиуме РАН, отделениях, региональных отделениях, региональных научных центрах и представительствах РАН информацию о деятельности РАН, связанной с выполнением комитетом своих функций;

запрашивать от членов комитета, отдельных учёных и специалистов тезисы и тексты докладов, подготовленных для выступлений на конференциях и других мероприятиях, проводимых комитетом и Пагуошским движением учёных;

запрашивать в установленном порядке от российских учреждений и организаций информацию о проведённых исследованиях по основным направлениям деятельности комитета и Пагуошского движения учёных;

награждать физических и юридических лиц почётными грамотами, дипломами и благодарственными письмами комитета за большие заслуги перед комитетом, активное участие в Пагуошском движении учёных, вклад в подготовку, организацию и проведение мероприятий комитета.

Деятельность комитета

Комитет осуществляет свою деятельность посредством рассмотрения соответствующих вопросов на своих заседаниях;

путём участия в организации и проведении очных и заочных научных международных, всероссийских и региональных мероприятий (конференций, сессий, школ, симпозиумов, семинаров, совещаний), юбилейных и мемориальных заседаний, а также конференций и тематических форумов в информационно-телекоммуникационной сети Интернет;

через создаваемые комитетом секции и комиссии, а также молодёжное отделение комитета;

путём выполнения членами комитета решений комитета, постановлений президиума комитета, поручений председателя комитета.

Заседания комитета проводятся по мере необходимости, но не реже одного раза в год. Повестка заседаний, время и место их проведения утверждаются президиумом комитета по представлению председателя комитета. Комитет правомочен рассматривать все вопросы, относящиеся к компетенции комитета, заслушивать сообщения и отчёты президиума комитета, доклады членов комитета и отдельных учёных по основным направлениям деятельности комитета.

Решения комитета принимаются при наличии на заседании не менее половины его членов простым большинством голосов путём открытого голосования и оформляются в виде протоколов за подписью председателя и учёного секретаря комитета.

Руководство работой комитета в период между его заседаниями осуществляется президиумом в составе председателя, заместителей председателя, учёного секретаря и членов президиума комитета. Распределение обязанностей между председателем, заместителями председателя, учёным секретарём и членами президиума комитета осуществляется председателем комитета.

Заседания президиума комитета проводятся не реже одного раза в три месяца. Повестка заседаний президиума, время и место их проведения утверждаются председателем комитета по представлению учёного секретаря комитета. Президиум комитета заслушивает сообщения членов комитета, разрабатывает программу деятельности комитета, формирует программные и организационные комитеты по подготовке и проведению мероприятий комитета, утверждает ежегодные планы и отчёты комитета, секретариата, молодёжного отделения, секций и комиссий комитета, решает иные научно-организационные вопросы.

Решения президиума комитета принимаются при наличии на заседании не менее половины его членов простым большинством голосов путём открытого голосования и оформляются в виде постановлений за подписью председателя и учёного секретаря комитета.

По решению президиума комитета отдельные его полномочия могут быть делегированы председателю комитета.

Председатель комитета осуществляет руководство деятельностью президиума и секретариата комитета, представляет комитет в Президиуме РАН, руководит международной деятельностью комитета, представляет комитет в международных руководящих органах Пагуошского движения учёных, в министерствах, ведомствах и организациях, ведёт заседания комитета и заседания президиума комитета, решает иные вопросы текущей деятельности комитета. В случае отсутствия председателя комитета его обязанности по решению президиума комитета исполняет один из заместителей председателя комитета, о чём направляется соответствующее уведомление в Президиум РАН.

Деятельность президиума комитета обеспечивает секретариат комитета, который возглавляет учёный секретарь комитета. Секретариат осуществляет рабочее взаимодействие с Президиумом РАН и его аппаратом, секретариатом Пагуошского движения учёных, другими организациями и средствами массовой информации, обеспечивает исполнение решений президиума комитета и поручений председателя комитета, координирует деятельность молодёжного отделения, секций и комиссий комитета.

Члены комитета, за исключением председателя комитета, члены молодёжного отделения, секций и комиссий комитета не имеют права выступать от имени комитета и его президиума без согласования с председателем или президиумом комитета.

Общее руководство комитетом осуществляет Президиум РАН.

Комитет ежегодно представляет в Президиум РАН и в международные руководящие органы Пагуошского движения учёных отчёт о своей деятельности.

Документы, образовавшиеся в ходе деятельности комитета, являются частью Архивного фонда РАН и подлежат в установленном порядке сдаче на государственное архивное хранение.

Состав и структура комитета

Комитет состоит из председателя, заместителей председателя, учёного секретаря и членов комитета.

Комитет имеет секретариат, молодёжное отделение, а также секции и комиссии. Председатель молодёжного отделения является членом комитета. Составы молодёжного отделения, секций и комиссий комитета утверждаются президиумом комитета.

Состав комитета и его президиума утверждает Президиумом РАН по представлению председателя комитета сроком на пять лет. Любые изменения в составе комитета и его президиума утверждаются Президиумом РАН по представлению председателя комитета.

Утвердить *состав Российского Пагуошского комитета*:

академик **А.А. Дынкин** — председатель; доктор политических наук **Н.К. Арбатова** (Институт мировой экономики и международных отношений РАН) — заместитель председателя; доктор физико-математических наук **А.С. Гинзбург** (Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН) — заместитель председателя; доктор политических наук **А.И. Никитин** (Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел РФ) — заместитель председателя (по согласованию); **М.А. Лебедев** (Российский Пагуошский комитет) — учёный секретарь; члены комитета: академик **Е.Н. Аврорин**, академик **А.Г. Арбатов**, академик **В.Г. Барановский**, **С.Б. Бацанов** (Пагуошское движение учёных), академик **А.М. Васильев**, академик **Е.П. Велихов**, кандидат политических наук **М.Г. Евтодьева** (Институт мировой экономики и международных отношений РАН), член-корреспондент РАН **И.С. Иванов**, доктор технических наук **М.Б. Игнатьев** (Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, по согласованию), академик **Р.И. Ильяев**, кандидат политических наук **В.И. Камышанов** (международная общественная организация “Федерация мира и согласия”, по согласованию), доктор физико-математических наук **И.А. Керимов** (Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН), академик **С.И. Колесников**, кандидат политических наук **П.А. Корзун** (Международное студенческое и молодёжное Па-

гуошское движение, председатель молодёжного отделения комитета), доктор юридических наук **Н.М. Кропачев** (Санкт-Петербургский государственный университет, по согласованию), академик **Н.П. Лавёров**, академик **Б.Ф. Мясоедов**, академик **В.В. Окрепилов**, кандидат исторических наук **Т.Г. Пархалина** (Институт научной информации по общественным наукам РАН), академик **Е.М. Примаков**, академик **С.М. Рогов**, академик **Ю.А. Рыжов**, кандидат философских наук **Е.Ю. Суворова** (Российский научно-исследовательский институт культурного и природного наследия им. Д.С. Лихачёва Министерства культуры РФ, по согласованию), академик **В.Е. Фортков**, академик **С.Н. Хаджиев**.

• Утвердить постановление общего собрания Отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН от 15 декабря 2014 г. о присуждении учёной степени *honoris causa* иностранному учёному Риосуке Кодама (Япония). Работы учёного связаны с исследованиями и развитием технологии сверхмощных лазеров (лазерный термоядерный синтез, генерация плотных высокоэнергетических пучков частиц и рентгеновского излучения, включая рентгеновские лазеры, моделирование астрофизических явлений в лабораторных условиях), с развитием плазменной фотоники для контроля интенсивного излучения света и заряженных частиц в плазме при высокой плотности энергии, с созданием высоких давлений в твёрдом теле и получением металлического водорода. Ведутся теоретические работы по нелинейной оптике в вакууме при ультравысокой интенсивности плотности лазерного излучения. Профессор Риосуке Кодама сотрудничает с Физическим институтом им. П.Н. Лебедева РАН, Институтом химической физики им. Н.Н. Семёнова РАН и Институтом прикладной физики РАН.

НАГРАДЫ И ПРЕМИИ

ЗОЛОТАЯ МЕДАЛЬ ИМЕНИ В.И. ДАЛЯ 2014 ГОДА — А.Е. АНИКИНУ



Президиум РАН присудил золотую медаль им. В.И. Даля 2014 г. члену-корреспонденту РАН Александру Евгеньевичу Аникину за серию научных трудов в области этимологической лексикографии русского языка: “Этимологический словарь русских диалектов Сибири”, “Этимология и балто-

славянское лексическое сравнение в праславянской лексикографии. Материалы для балто-славянского словаря”, “Опыт словаря лексических балтизмов в русском языке”, “Самодийско-тунгусо-маньчжурские лексические связи”, “Русский этимологический словарь”.

А.Е. Аникин внёс значительный вклад в развитие отечественной лексикографии. “Этимологический словарь русских диалектов Сибири” и “Этимологический словарь русских заимствований в языках Сибири” относятся к редкому в ру-

систике и славистике жанру диалектных этимологических словарей и представляют большой интерес не только для русской этимологии, но также для истории освоения Сибири, истории контактов русского и коренных народов этого обширного региона.

Важным вкладом в изучение истории ареальных контактов уральских и алтайских языков стала монография “Самодийско-тунгусо-маньчжурские лексические связи”, основное содержание которой составляет этимологический лексикон, отражающий исследуемые межъязыковые связи.

Значительное внимание А.Е. Аникин уделяет вопросам балто-славянского языкознания. В книге “Этимология и балто-славянское лексическое сравнение в праславянской лексикографии” описан и представлен в виде словаря значительный

пласт лексических элементов, общих для славянских и балтийских языков. Словарь (с обширным введением) “Опыт словаря лексических балтизмов в русском языке” посвящён историко-лингвистическому анализу заимствований из балтийских языков в лексику русского языка с широким привлечением данных украинского, белорусского, польского и других славянских и иных языков.

В последние годы А.Е. Аникин работает над созданием “Русского этимологического словаря”, в котором на основе достижений современной этимологии с большой полнотой описывается словарный запас русского языка, включая диалектную, старо- и древнерусскую лексику. К настоящему времени опубликованы восемь его выпусков, готовится девятый.

ЗОЛОТАЯ МЕДАЛЬ ИМЕНИ Д.В. СКОБЕЛЬЦЫНА 2014 ГОДА – Г.А. БАЗИЛЕВСКОЙ



Президиум РАН присудил золотую медаль им. Д.В. Скобелцына 2014 г. доктору физико-математических наук Галине Александровне Базилевской (Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН) за выдающийся вклад в физику космических лучей и солнечно-земную физику.

Г.А. Базилевская – учёный с мировым именем, ведущий специалист в области исследования космических лучей низких энергий в атмосфере Земли и околоземном космическом пространстве. Совместно с коллегами

ею получен уникальный однородный ряд экспериментальных данных за период с 1957 г. по настоящее время по потокам заряженных частиц в атмосфере Земли на высотах от уровня моря до 30–35 км в районах полярных и средних широт. Её имя непосредственно связано с открытием потоков заряженных частиц солнечного происхождения в атмосфере и околоземном космическом пространстве, открытием влияния общего магнитного поля Солнца и его инверсий на потоки космических лучей в гелиосфере.

Г.А. Базилевская – один из лидеров выдающегося международного эксперимента ПАМЕЛА, результаты которого допускают возможность проявления тёмной материи в Галактике.

ПРЕМИЯ ИМЕНИ С.О. МАКАРОВА 2014 ГОДА – В.Г. БОНДУРУ



Президиум РАН присудил премию им. С.О. Макарова 2014 г. академику Валерию Григорьевичу Бондуре за серию научных работ “Новые методы и результаты аэрокосмических исследований океана”.

В удостоенных премии работах содержатся результаты применения новых методов дистанционного зондирования океана и обработки больших потоков аэрокосмических данных, поступающих при ди-

станционном мониторинге океана. Представлены результаты аэрокосмического мониторинга антропогенных воздействий на акватории морей и океанов, направленного на раннее выявление и предупреждение негативных воздействий на водную среду космического мониторинга опасных природных процессов на границе раздела океан–атмосфера, приводящих к возникновению тайфунов, что позволяет уточнить физические механизмы их зарождения, а также обеспечивать раннее обнаружение и прогноз эволюции; методы и результаты аэрокосмического мониторинга морских акваторий в зонах поиска, добычи и транспортировки углеводородов, обеспечивающие по-

вышение эффективности функционирования объектов нефтегазового комплекса и снижение негативных воздействий на водную среду.

Разработанные В.Г. Бондуром методы и модели в области спутниковой океанологии вно-

сят значительный вклад в развитие науки об океане и имеют важное значение для предупреждения опасных природных процессов, возникающих при взаимодействии атмосферы и океана.

ПРЕМИЯ ИМЕНИ А.Н. СЕВЕРЦОВА 2014 ГОДА – А.В. ЛОПАТИНУ



Президиум РАН присудил премию им. А.Н. Северцова 2014 г. члену-корреспонденту РАН Алексею Владимировичу Лопатину за цикл работ “Ранние этапы эволюции и филогении млекопитающих”.

В удостоенный премии цикл работ входят монография “Early Paleogene insectivore mammals of Asia and es-

tablishment of the major of Insectivora” и 10 статей, посвящённых мезозойскому и раннепалеогеновому этапам эволюции млекопитающих и филогении класса *Mammalia*. Монография представляет собой первое обобщающее исследование, посвящённое палеогеновым насекомоядным Азии, — группе, занимающей одно из ключевых мест в эволюции плацентарных млекопитающих. В этой работе впервые проведено обобщение данных по палеогеновым азиатским сообществам насекомо-

ядных, дана характеристика их экологической структуры. Автором выделен новый отряд, описано 20 новых видов и 15 новых родов, что позволило в полтора раза увеличить известное таксономическое разнообразие раннепалеогеновых азиатских насекомоядных. В работе впервые предложен сценарий эволюции насекомоядных, характеризующий основные этапы их истории от позднего мела до современности. В серии статей по мезозойским млекопитающим представлены важные данные по морфологии, эволюционным преобразованиям и филогенетическим взаимоотношениям ряда древних групп *Mammalia*.

Новые данные по мезозойским и раннепалеогеновым млекопитающим России и Монголии позволили пересмотреть представления об эволюции и систематическом положении ряда важнейших вымерших и современных групп и предложить новую систему класса млекопитающих на уровне таксонов надотрядного ранга, ставшую новым шагом в разработке проблемы происхождения и ранней эволюции млекопитающих.

ПРЕМИЯ ИМЕНИ Д.Н. ПРЯНИШНИКОВА 2014 ГОДА – В.Г. МИНЕЕВУ



Президиум РАН присудил премию им. Д.Н. Прянишникова 2014 г. академику Василию Григорьевичу Минееву за серию работ “История и состояние агрохимии на рубеже XXI века” в трёх книгах и монографию “Агрохимия в Московском университете”.

В удостоенном премии цикле работ автор показал развитие агрохимической науки в России не толь-

ко в трудах отечественных учёных, но и изначальную связь их с результатами зарубежных фундаментальных исследований. Работы В.Г. Минеева являются настоящей энциклопедией агрохимии, уникальной историей науки в действующих лицах, грандиозным справочно-библиографическим трудом. Анализ содержания серии работ по единой тематике позволяет считать, что это классический труд по истории зарождения и развития важной отрасли естествознания в России и сотрудничества отечественных агрохимиков с учёными зарубежных стран.

ПРЕМИЯ ИМЕНИ А.Ф. ИОФФЕ 2014 ГОДА – В.М. ПУДАЛОВУ



Президиум РАН присудил премию им. А.Ф. Иоффе 2014 г. доктору физико-математических наук Владимиру Моисеевичу Пудалову (Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН) за цикл работ “Эффекты сильных межэлектронных корреляций в двумерных системах электронов в полупроводниках”.

Удостоенный премии цикл работ посвящён экспериментальному исследованию эффектов межэлектронных взаимодействий в двумерной электронной системе. Автором обнаружены и исследованы такие явления, как отрицательная сжимаемость электронной системы, изучены эффекты перенормировки параметров квазичастиц в ферми-жидкости, исследованы явления спонтанной намагниченности в пределе малой плотности электронов, изучены чередующиеся переходы между состояниями целочисленного кван-

тового эффекта Холла и изолятора, исследованы эффекты взаимодействия в квантовом транспорте в “металлическом” состоянии. Разработано несколько новых оригинальных экспериментальных методик, которые позволили получить прорывные результаты. Среди них следует выделить прецизионный ёмкостной метод, метод плавающего затвора, позволяющий измерять изменения химического потенциала двумерных электронов. Разработанные методы нашли широкое применение в разных экспериментальных группах, занимающихся исследованием термодинамических характеристик двумерной электронной системы.

В.М. Пудаловым получен ряд принципиальных научных результатов, значительно расширяющих современные представления об эффектах межэлектронного взаимодействия в двумерных электронных системах и имеющих важное прикладное значение. Результаты работ В.М. Пудалова получили широкую международную известность и признание, что свидетельствует о высоком научном уровне и актуальности выполненных исследований.

ПРЕМИЯ ИМЕНИ П.П. АНОСОВА 2014 ГОДА – Е.И. ХЛУСОВОЙ



Президиум РАН присудил премию им. П.П. Аносова 2014 г. доктору технических наук Елене Игоревне Хлусовой (ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов “Прометей”») за серию работ “Структура, свойства и технология термической и термомеханической обра-

ботки хладостойких конструкционных сталей для Арктики”.

Удостоенная премии серия работ включает 90 статей, 19 патентов, 1 монографию и 2 учебных

пособия. Результатом комплекса выполненных научно-исследовательских, экспериментальных и опытно-промышленных работ явилось создание новых промышленных технологий термической и термомеханической обработки хладостойких сталей с повышенным комплексом эксплуатационных свойств и освоение их производства. Внедрение новых материалов и технологических процессов позволило обеспечить проектирование и строительство новых ледоколов и других технических сооружений для эффективного освоения Арктического региона страны на основе использования относительно дешёвых конкурентоспособных конструкционных сталей.

Сдано в набор 19.01.2014
Офсетная печать

Подписано к печати 17.02.2015
Усл. печ. л. 12.0
Тираж 2625 экз.

Дата выхода в свет 23.04.2015
Усл. кр.-отт. 36.0 тыс.
Зак. 934

Формат 60 × 88¹/₈
Бум. л. 6.0

Цена свободная

Свидетельство о регистрации № 0110150 от 04.02.93 г. в Министерстве печати и информации Российской Федерации
Учредители: Российская академия наук, Президиум РАН

Издатель: Российская академия наук. Издательство “Наука”, 117997 Москва, Профсоюзная ул., 90

Оригинал-макет подготовлен МАИК “Наука/Интерпериодика”

Отпечатано в ППП «Типография “Наука”», 121099 Москва, Шубинский пер., 6