

# ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

*научный и общественно-политический журнал*

том 84 № 4 2014 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,  
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),  
Д.В. Рундквист, Ф.Г. Рутберг, А.С. Спирин, В.С. Стёпин,  
Л.Д. Фаддеев, Е.П. Чельшев, 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](mailto:vestnik@naukaran.ru)

Подписка на “Вестник РАН” по Москве  
через Интернет [WWW.GAZETY.ru](http://WWW.GAZETY.ru)

Москва  
Издательство “Наука”

# СОДЕРЖАНИЕ

---

Том 84, номер 4, 2014

---

## Наука и общество

*Р.С. Дзарасов*

Экономика “насаждения отсталости”. К действительным причинам реформы РАН 291

---

## Организация исследовательской деятельности

*А.Ф. Алимов, Е.В. Балушкина*

Школа продукционной гидробиологии 304

---

## Из рабочей тетради исследователя

*Ю.Н. Туманов, С.Б. Точилин, Н.В. Дедов*

На каких принципах следует создавать производства нового технологического уклада? 311

---

## Обозрение

*А.В. Волков, А.А. Сидоров*

Минеральное богатство вулканических поясов Тетиса 326

---

## Проблемы экологии

*Р.В. Галиулин, Р.А. Галиулина*

Стойкие поллютанты суши и моря 335

---

## Точка зрения

*Н.И. Комков*

Инновационное развитие России и организация науки 340

---

## Дискуссионная трибуна

*Л.Е. Кругликова*

Слово в защиту русского языка и русской лексикографии 346

---

## За рубежом

*А.И. Салицкий, С.В. Чеснокова, А.В. Шахматов*

Новая энергетика в индустриальной трансформации современного Китая 354

---

## Этюды об учёных

*Е.В. Ломакин, А.Н. Полилов*

Наследственность в науке и в жизни. К 100-летию со дня рождения академика Ю.Н. Работнова 360

*Р.Н. Щербаков*

Рыцарь Святого духа истины. К 175-летию со дня рождения Джозайи Уилларда Гиббса 365

---

## Официальный отдел

Президиум РАН решил. — Юбилей. — Награды и премии 373

---

# CONTENTS

---

---

## Vol. 84, No. 4, 2014

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

*R.S. Dzarasov*

Economy of “Imposition of Backwardness”. *To the Objective Reasons of RAS Reforming* 291

---

### Organization of Research

*A.F. Alimov, E.V. Balushkina*

School of Productional Hydrobiology 304

---

### From the Researcher’s Notebook

*Yu.N. Tumanov, S.B. Tochilin, N.V. Dedov*

What Principles Should Be the Base of New Technological Order? 311

---

### Review

*A.V. Volkov, A.A. Sidorov*

Mineral Wealth of Volcanic Belts of Tethys 326

---

### Problems of Ecology

*R.V. Galiulin, R.A. Galiulina*

Persistent Pollutants on Land and Sea 335

---

### Point of View

*N.I. Komkov*

Innovative Development of Russia and the Organization of Science 340

---

### Discussion Forum

*L.E. Kruglikova*

In Protection of the Russian Language and Russian Lexicography 346

---

### Abroad

*A.I. Salitsky, S.V. Chesnokova, A.V. Shakhmatov*

New Energetics in the Industrial Transformation of Modern China 354

---

### Profiles

*E.V. Lomakin, A.N. Polilov*

Heredity in Science and in Life. *To the 100th Anniversary of the Birth of Academician Yu.N. Rabotnov* 360

*R.N. Shcherbakov*

Knight of the Holy Spirit of Truth. *The 175th Anniversary of the Birth of Josiah Willard Gibbs* 365

---

### Official Section

Decisions of the RAS Presidium. Anniversaries. Awards and Prizes 373

---

## НАУКА И ОБЩЕСТВО

DOI: 10.7868/S0869587314040033

Принятие в сжатые сроки законопроекта о реорганизации Российской академии наук и игнорирование требований научного сообщества подвергнуть его экспертному анализу и широкому общественному обсуждению, а также внести в текст существенные коррективы дали толчок дискуссии о причинах подобного жёсткого, если не сказать агрессивного, отношения российских властей к академии и науке в целом. В качестве таких причин, как правило, назывались личные амбиции, новый передел собственности, нежелание государства содержать столь крупную научную институцию. Автор публикуемой статьи раздвигает рамки рассмотрения этой проблемы, утверждая, что реформа РАН является лишь эпизодом на пути утверждения и развития в России общества периферийного капитализма.

### ЭКОНОМИКА “НАСАЖДЕНИЯ ОТСТАЛОСТИ”

#### К ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫМ ПРИЧИНАМ РЕФОРМЫ РАН

Р.С. Дзарасов

На заре рыночных реформ в нашей стране считалось, что передача бывших государственных предприятий в руки эффективных собственников, которые будут буквально охотиться за техническими нововведениями, приведёт к масштабному внедрению передовых разработок, производству новой продукции и модернизации экономики в целом. В результате российская экономика должна была стать конкурентоспособной на мировом рынке высоких технологий и обеспечить населению достойный уровень жизни. Считалось само собой разумеющимся, что в корне изменится к лучшему и положение учёных, ибо результаты их деятельности окажутся востребованы, как никогда в советское время. Однако опыт почти четверти века постсоветской истории нашего общества не только не подтвердил этих предположений, но свидетельствует о систематической деградации научно-технического и образовательного потенциала России.



Дзарасов Руслан Солтанович — доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник Центрального экономико-математического института РАН. dzarasovr@gmail.com

В последние годы российские власти приступили к проведению целого ряда реформ, ставящих под вопрос не то что будущую модернизацию, но и сохранение образовательного и научного уровня, унаследованного с советских времён. Видное место среди них занимают реформа школьного образования, в частности, введение Единого государственного экзамена, уменьшение числа вузов, резкое сокращение профессорско-преподавательского состава. Перечисленные преобразования вызвали резко негативное отношение общественности, но это не помешало правительству дополнить перечень своих бесславных инициатив так называемой “реформой” РАН. В ряде источников уже достаточно полно отражены история подготовки и детальный анализ содержания соответствующего законопроекта, а также возможные последствия его принятия [1–3].

Разработанный Министерством образования и науки РФ законопроект венчает процесс развала отечественной науки, инициированный ещё радикальными рыночными реформами начала 1990-х годов. Уже к 1995 г. внутренние затраты на НИОКР в постоянных ценах снизились почти в 5 раз по сравнению с 1990 г., а в “тучные” 2000-е годы несколько увеличились и в минувшем году составили примерно половину от значения 1990 г. [4, с. 57]. В 1990–2007 гг. численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками в России, сократилась почти на 60% [5, с. 8]. Сеть отраслевых исследовательских институтов практически уничтожена, снизилось и число организаций, ведущих фундаментальные исследования. В итоге “состояние российской науки и

образования, начиная с 1990-х годов и до сегодняшнего дня продолжает оставаться кризисным” [3, с. 6].

Несмотря на увеличение объёмов финансирования гражданской науки в 2000-е годы, доля РАН в расходах федерального бюджета на эти цели уменьшилась: в 2006 г. она составляла более 40%, а в 2011 г. — уже около 20%. В итоге “финансирование РАН остаётся в последнее время почти на постоянном уровне или даже падает с учётом инфляции” [6, § 1.2]. Растущие расходы достаются “альтернативной академии наук”, которую правительство создаёт явно в противовес РАН [3, с. 28–34]. В эту исследовательскую сеть входят: фонд “Сколково”, ГК “Роснано”, НИЦ “Курчатовский институт”, отраслевые проекты, университетская наука и некоторые другие учреждения. Неэффективность двух первых организаций и масштабы растрат выделяемых им огромных средств стали притчей во языцех. Университетская наука в связи с чрезмерно высокой нагрузкой на преподавателей также не может конкурировать с РАН в области получения научных результатов [2, с. 11]. Поэтому можно не сомневаться, что реализация законопроекта о реорганизации РАН вызовет новую утечку мозгов из России и окончательно обескровит отечественную науку.

Нынешняя инициатива по реформированию РАН — лишь очередная среди предпринимаемых с 2004 г., когда министром науки и образования стал А.А. Фурсенко, попыток преобразовать академию [2, с. 2–7]. На протяжении почти целого десятилетия академическому сообществу удавалось несколько раз отбивать “атаки” на свою независимость<sup>1</sup>. Но подписанный Президентом РФ 27 сентября 2013 г. законопроект был подготовлен в тайне от руководства РАН и научной общественности, внесён в Государственную думу РФ в период летних отпусков, а осенью стремительно прошёл второе и третье чтения и был утверждён Советом Федерации. Помимо формы проведения, возмущение и сопротивление учёных вызывает не сама по себе постановка вопроса о реформе академии, а настойчивое стремление подчинить научное сообщество жёсткому финансовому и организационному контролю чиновников (см. многочисленные документы, собранные в [1]).

В большинстве критических выступлений против предложенной правительством реформы её движущую силу сводят исключительно к деятельности нынешнего министра науки и образования РФ Д.В. Ливанова и вице-премьера правительства О.Ю. Голодец. Популярна и версия о стрем-

лении части чиновников и бизнесменов прибрать к рукам дорогостоящую недвижимость, которой располагает РАН. Лишь некоторые учёные усматривают более глубокие причины агрессивно-наступательного отношения правительства к академии. Так, В.М. Полтерович, один из самых принципиальных аналитиков реформы, полагает, что обсуждаемые преобразования “связаны не только и не столько с имуществом РАН, сколько с политической задачей ослабления сообщества исследователей как потенциальных оппонентов власти”. Вторую причину В.М. Полтерович видит в “неверном понимании роли РАН в процессе догоняющего развития” [2, с. 1, 2]. В своём фундаментальном исследовании современного состояния Академии наук С.М. Рогов справедливо констатирует, что “самая большая проблема — это даже не низкий уровень финансирования, а невосприимчивость науки в России (курсив С.М. Рогова. — Р.Д.)” [3, с. 7]. Действительно, предпринимательский сектор предъявляет очень низкий спрос на проведение НИОКР и внедрение их результатов [там же, с. 37–44].

Такая постановка проблемы показывает, что глубинные источники желания “реформировать” академию заключаются не в алчности, непонимании экономических реалий или авторитаризме отечественного чиновничества, а прежде всего в самом *характере общественного строя*, сложившегося в нашей стране в пореформенный период. Это и есть та главная фигура умолчания, с которой сталкиваешься даже в самых глубоких аналитических работах, посвящённых реформе РАН, и которая в лучшем случае лишь обозначается туманными намёками. В настоящей статье я собираюсь обратиться именно к этой теме и доказать, что подрыв положения РАН и, шире, подрыв развития образования, науки и культуры являются частью *процесса приведения общественного сознания современной России в соответствие с потребностями новой общественной системы*, неотъемлемой составляющей перехода от советского строя к периферийному капитализму.

## КАПИТАЛИЗМ И “НАСАЖДЕНИЕ ОТСТАЛОСТИ”

В начале статьи я упомянул о представлении, согласно которому капиталистический общественный строй исключительно благоприятствует техническому прогрессу. Технологическая отсталость, соответственно, часто воспринимается как результат недостаточного развития капитализма. Подобный взгляд игнорирует весьма мощные механизмы, препятствующие техническому прогрессу в современном обществе.

“Мир-системный подход”, развиваемый школами Ф. Броделя, И. Валлерстайна, А.Г. Франка, Д. Арриги, С. Амина и некоторых других учёных,

<sup>1</sup> В частности, сотрудники РАН дали развёрнутый ответ на огульные обвинения Академии наук со стороны чиновников и некоторых СМИ в низкой эффективности её работы (см., например, [7]).

убедительно демонстрирует, что капитализм порождает неоднородную мировую систему, развивающуюся через эксплуатацию центром (развитые страны) периферии (отсталые страны). Ещё в 1960-е годы американский экономист А.Г. Франк обосновал концепцию “развития отсталости” (development of underdevelopment) [8]. Отсталость так называемых “развивающихся стран” была аргументированно представлена Франком как *искусственный феномен, носящий не естественный, а рукотворный характер*. Большинство стран Азии, Африки и Латинской Америки к моменту вторжения в их жизнь капитализма были развитыми для своего времени обществами, располагавшими диверсифицированными экономиками и относительной социальной стабильностью. Попав в сферу колониальной эксплуатации, эти общества подвергались глубокой трансформации, затронувшей как их производительные силы, так и общественные отношения. Экономикам колоний навязывался монокультурный характер, то есть многообразие их хозяйственной деятельности сводилось к нескольким основным трудозатратным производствам, ориентированным на потребности метрополий. Одновременно глубокой трансформации подвергалась и социальная структура этих стран. За счёт пауперизации крестьянства путём отчуждения земли создавалась многочисленная резервная армия труда. В среде правящего класса культивировалась компрадорская буржуазия, выступавшая в качестве посредника при эксплуатации природных и трудовых ресурсов своих стран в интересах метрополий. Франк удачно назвал подобные правящие классы Латинской Америки “люмпен-буржуазией”.

На взгляд автора данных строк, надёжную теоретическую основу для мир-системного подхода к изучению проблем развития и объяснения феномена “насаждения отсталости” предоставляет марксистская модель превращения трудовой стоимости в цену производства (см. том 3 “Капитала” К. Маркса). Трудозатратные производства с низкой капиталовооружённостью (низким органическим строением капитала) характерны для периферии мирового капитализма, тогда как капиталоемкие производства с высокой капиталовооружённостью труда (высоким органическим строением капитала) — для центра. Подобная региональная “специализация” находит своё выражение в структуре цен, которые выше трудовой стоимости для продукции развитых стран и ниже трудовой стоимости для продукции отсталых стран. Это означает, что экономики мировой периферии вынуждены безвозмездно передавать значительную часть созданной их рабочими трудовой стоимости экономикам центра. В этом заключается сущность неэквивалентного обмена и эксплуатации центром мирового капитализма его периферии. Следовательно, *возможности техни-*

*ческого прогресса и степень развития науки и образования определяются положением страны в мировой хозяйственной системе.*

Известный английский историк Э. Хобсбаум отмечает неразрывную связь между промышленной революцией второй половины XVIII—XIX в. и колониальной природой Британской империи. Он считает, что успешная индустриализация была достигнута “двумя основными средствами: *захватом экспортных рынков ряда других стран и разрушением внутренней конкуренции в отдельных странах* (курсив мой. — Р.Д.), то есть политическими или полуполитическими средствами войны или колонизации” [9, р. 68]. Так, англичане силой разрушили передовую для конца XVIII—начала XIX в. хлопчатобумажную промышленность Ирландии, навязав ей производство льняной ткани-сырца для дешёвых поставок в Англию. Рабство, на которое опиралась торговля Британской империи, с одной стороны, стало важнейшим источником накопления капитала для осуществления индустриализации в Англии [10], с другой — явилось главным фактором, обусловившим трансформацию экономики Западной Африки: в 1500—1750 гг. регион потерял около 100 млн. человек [8, р. 20]. В Индии были разорены местные ткачи, экономика страны полностью перестроена с целью обеспечить снабжение метрополии дешёвыми колониальными товарами [11]. В результате в Индии разразился голод, от которого в 1800—1850 гг. умерло 1.4 млн., а в 1875—1900 гг. — уже 15 млн. человек [8, р. 90]. Промышленный подъём северо-восточных штатов США также связан с их посреднической ролью в эксплуатации европейскими метрополиями населения двух американских континентов. Это привело к деградации юга страны, который играл роль внутренней колонии северных территорий вплоть до второй половины XX в. [12].

Хотя число подобных примеров очень велико, российской общественности практически неизвестна та высокая цена, которой обернулся для человечества экономический подъём капитализма. Между тем, как отмечает индийский историк А. Багчи, “преимущества, полученные европейскими правящими классами и их коллегами из других частей света в области торговли, территориальной экспансии и накопления, были достигнуты за счёт страданий миллионов людей в Европе, двух Америках, Африке и Азии. Эти страдания *были навязаны* (курсив мой. — Р.Д.) людям в ходе мобилизации обездоленного и очень часто принудительного и несвободного труда для накопления капитала и шли рука об руку с пролетаризацией европейского труда во имя той же цели” [13, р. XIV—XV].

Таким образом, исторические факты подтверждают, что *отставание науки и образования в “развивающихся странах” является следствием их при-*

*надлежности к периферии мирового капитализма. Но никогда прежде отношения эксплуатации не проявлялись на мировой арене столь сильно, как сегодня.*

### “НАКОПЛЕНИЕ ПУТЁМ ОТЪЁМА”

Послевоенный период характеризовался подъёмом экономик развитых стран Запада (центра мирового капитализма) и массовым внедрением технического прогресса. В этот период в США утвердилась особая форма управления бизнесом — менеджерская фирма. В условиях распределения всего пакета акций крупных бизнес-структур среди множества мелких собственников менеджеры приобрели относительную самостоятельность при оперативном управлении компаниями. Считается, что, ориентируясь на укрепление долгосрочных позиций компаний на рынке, управленцы обеспечивали долгосрочные инвестиции корпораций.

Положение изменилось с началом стагфляции (стагнация + инфляция) 1970-х годов. Именно тогда восстановление экономик Западной Европы и Японии привело к резкому обострению международной конкуренции, повлекшему долговременное падение доходности от вложений капитала в производство [14, р. 7—47]. В 1980-е годы американская экономика оказалась захвачена волной слияний и поглощений, вследствие чего менеджмент потерял относительную самостоятельность в принятии оперативных управленческих решений. Другими словами, в ситуации устойчивого падения прибыльности в производственном секторе произошёл сдвиг корпоративной власти от менеджеров к акционерам, было устранено традиционное отделение собственности от управления. В результате американские инвестиционные банки и фонды приобрели огромную власть над корпоративной Америкой, преобразуя её по своему образу и подобию [15]. Важнейшим следствием “контрреволюции акционеров” явилась смена приоритетов американского бизнеса. Вместо поддержания долгосрочного роста национальные корпорации принялись направлять всё большую долю прибыли на выплату дивидендов — главной целью стала максимизация стоимости акционерного капитала. Процесс сопровождался массовой “реструктуризацией” компаний, сводящейся к распродаже части активов и увольнению рабочих. Как отмечает экономист М. Блейр, “во многих случаях повышение доходности достигалось только путём получения уступок от поставщиков или потребителей, сокращения величины уплачиваемых налогов, урезания заработной платы и сокращения персонала белых воротничков” [16, р. 5].

В итоге изменилась структура капитала американского крупного бизнеса. Сегодня финансовые

активы составляют более половины активов не-финансовых корпораций США<sup>2</sup>. В 2007 г. на пике финансовизации, то есть замещения производственного капитала финансовым, сумма капитализации рынков акций, долговых обязательств и банковских активов — важнейший показатель финансовизации — превышала мировой ВВП в 4.4 раза, а оцениваемый почти в 600 трлн. долл. теневой рынок деривативов достиг объёма, превышающего мировой ВВП в 11 раз [17, р. 13]. Можно заключить, что, по существу, *современный капитализм сместил акцент в своей деятельности с созидательной, производственной активности к финансово-паразитической.*

Трансформации, происходящие в экономиках развитых стран, имели долгосрочные последствия для хозяйств периферии мирового капитализма. Финансизация послужила главной предпосылкой повсеместного переноса материального производства из развитых стран, прежде всего из США, в регионы с низкой оплатой труда [18]. Началась бурная индустриализация ряда развивающихся государств, и доля промышленной продукции в экспорте периферии выросла с 20% в 1980 г. до 80% в 2003 г. [19]. Однако это не способствовало преодолению отсталости периферийных стран в силу самого механизма мирового разделения труда.

Конкретизируя сказанное в предыдущем разделе, поясню: указанный механизм основан на формировании глобальных “цепочек стоимости” [20], то есть на разделении процесса производства на отдельные звенья в соответствии с создаваемой величиной добавленной стоимости. При этом трудоизбыточные процессы с низкой добавленной стоимостью переносятся в регионы с низкой оплатой труда, а операции с высокой добавленной стоимостью (НИОКР, юридическое обслуживание, продвижение товара на рынок и т.д.) сохраняются за западными транснациональными корпорациями (ТНК), которые часто вообще не занимаются никаким производством [21]. В ряде случаев ТНК предпочитают приобретать полуфабрикаты и комплектующие у стран с низкими доходами, избавляясь от необходимости самим делать производственные инвестиции, осуществлять подготовку персонала и т.д. Необходимо подчеркнуть, что западные ТНК выступают в цепочках стоимости в качестве монополистов-покупателей (монопсоний), тогда как поставщики конкурируют друг с другом. Создание и поддержание такой организации мирового хозяйства — одна из главных задач Всемирной торговой организации.

Развитые страны получают одностороннюю выгоду от торговли с периферией. Представлен-

<sup>2</sup> Рассчитано по: Federal Reserve Bank. Flow of Funds Tables. 8 March 2012. Table B 102 “Nonfinancial Corporate Business” (Rows 2 and 6).

Среднегодовые темпы роста цен и денежной массы в США, %

	1986–1990	1991–1995	1996–2000	2001–2006
Потребительские цены	4.43	3.54	2.38	2.14
Цены импорта	5.36	2.02	–1.37	0.70
Предложение денег	5.65	1.84	8.62	6.19

Источник: [21, р. 13].

ные в таблице данные показывают, что рост цен на потребительские блага резко замедлился именно тогда, когда денежная политика была ослаблена, но одновременно падали цены импорта относительно внутренних цен. Таким образом, данные позволяют сделать следующий вывод: не ограничительная политика была главным фактором рекордного снижения инфляции в США в последние годы, а эксплуатация периферии мирового капитализма. Соотношение цен в США и в развивающихся странах даёт эмпирическое свидетельство того, что первые выше, а вторые ниже трудовой стоимости. Согласно ряду исследований, увеличение импорта из стран с низкими доходами сопровождается ростом доли прибыли в ВВП США [21, р. 10]. То же самое характерно и для остальных развитых стран. Известный египетский политолог и экономист С. Амин назвал выгоду западных ТНК, извлекаемую из разницы между уровнями оплаты труда в странах центра мирового капитализма и периферийных странах, “империалистической рентой” [22].

Рассматривая природу дохода современного капитала, Д. Харви ввёл понятие “накопления путём отъёма” (accumulation by dispossession) [23, р. 137–182], обобщив понятие “первоначальное накопление капитала” К. Маркса и распространив его на процессы не связанного с созданием прибавочной стоимости присвоения капиталистами находящихся за пределами капиталистического сектора доходов и имущества (грабёж колоний, захват земли крестьян и т.д.). Если прибавочная стоимость представляет собой отчуждение неоплаченного продукта рабочей силы, добровольно отданной в найм, то накопление путём отъёма опирается на ту или иную форму внеэкономического принуждения. Харви показывает, что капитализм на протяжении всей своей истории периодически возвращается к подобным видам присвоения. Накопление путём отъёма усиливается с падением нормы прибавочной стоимости в периоды длительных спадов экономики. Финансово-спекулятивный капитал, господство которого характеризует современный капитализм, формируется не только за счёт передела прибавочной стоимости, но и посредством накопления путём отъёма. Такова природа, например, взыскания трудовых доходов и накопленного из зарплаты имущества за долги. Важнейшей

формой накопления путём отъёма на мировой арене является упомянутая “империалистическая рента” Амина.

Итак, на падение прибыльности вложений в производственные активы центр мирового капитализма ответил отнюдь не повышением производительности труда путём внедрения технического прогресса, а совсем наоборот — усилением эксплуатации периферии, а именно, её дешёвого труда. Перенос производства в страны с низкой оплатой труда сопровождался переходом к трудоёмким технологиям, что стало возможным благодаря шоковому расширению мирового рынка рабочей силы. В 1990-е годы 1.5 млрд. (!) новых рабочих из Китая, Индии и республик бывшего СССР удвоили объём мирового рынка труда [24]. В итоге образовалась огромная мировая резервная армия труда, что, по некоторым оценкам, привело к снижению капиталовооружённости труда в мире в целом на 55–60% [там же]. В результате в последние два-три десятилетия мир движется в направлении, обратном техническому прогрессу.

Здесь важно подчеркнуть два момента. Во-первых, этот путь выгоден странам центра мирового капитализма только благодаря дешевизне рабочей силы. Во-вторых, несмотря на то, что средний рабочий с острова Ямайка получает сегодня вдвое, из Боливии и Индии втрое, а из Нигерии вчетверо меньше, чем его американский собрат [25], резкое изменение баланса сил между трудом и капиталом в пользу последнего подрывает положение наёмного труда во всём мире, в том числе в развитых капиталистических странах. По существу, западное общество разорвало тот социальный контракт, который заключило с наёмными работниками в годы послевоенного “золотого века капитализма”. Это выражается, в частности, в сокращении социальных гарантий и стагнации реальной заработной платы в странах центра. В 2005 г. средняя реальная заработная плата (в ценах 2005 г.) американского рабочего, не принадлежащего к управленческому персоналу, была на 8% ниже, чем в 1973 г. За этот же период средняя производительность труда в промышленном секторе экономики США выросла на 85% [26, р. 122]. В результате подобных процессов доля заработной платы в ВВП стран — членов Организации эконо-



мического сотрудничества и развития существенно уменьшилась.

Всё сказанное подводит нас к важнейшему вопросу о роли, которую сегодняшний капитализм отводит науке и образованию. Французский исследователь К. Серфати, опираясь на изучение взаимосвязи между финансовизацией, глобальными цепочками стоимости и технологическими инновациями, отмечает, что, хотя Риккардо и его последователи строго разграничивали предпринимательскую прибыль и ренту, “прогрессирующее размывание границ между этими явлениями по ходу истории капитализма очень затруднило” проведение данного различия [27, р. 44]. Обострение проблемы так называемых интеллектуальных прав собственности в последние годы вызвано стремлением западных ТНК защитить патентами свою монополию на цепочки производства с высокой добавленной стоимостью, оставив на долю партнёров с периферии трудозатратные технологии. Серфати показывает: наличие подобных монопольных позиций в глобальных производственных цепочках, то есть реализация накопления путём отъёма, является важнейшим фактором высокого курса котировок акций современных ТНК. Другими словами, важнейшим инструментом эксплуатации на мировой арене становится монополизация технического прогресса со стороны ТНК.

Следовательно, современный капитализм приводит к техническому регрессу, особенно наглядно проявляющемуся в странах периферии, и накладывает жёсткие ограничения на развитие науки и образования. Последние достигают лишь того уровня, который необходим для создания обслуживающих центр производств, но не того, который требуется для самостоятельного развития. В условиях же нарастания мирового экономического кризиса поддержание монополии на науку и образование странами центра мирового капитализма становится существенно бóльшим императивом их выживания, чем во времена Британской империи.

#### “НАСАЖДЕНИЕ ОТСТАЛОСТИ” В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

Радикальные рыночные реформы в России начала 1990-х годов и последующие преобразования — яркий пример процесса “насаждения отсталости”. Страна, потерпевшая поражение в “холодной войне”, позволила развитым государствам определять стратегию своего развития. Профессор Кембриджского университета Д. Лейн выделяет “глобальный политический класс”, оказавший “через гегемонию западных правительств и международных организаций” *решающее* влияние на “формирование капитализма и буржуазного класса собственников” в России [28, р. 43].

Хотя реформами руководила группа высших государственных чиновников во главе с Е.Т. Гайдаром, “их консультировали, поддерживали и подталкивали высокопоставленные сотрудники администрации США и группа их единомышленников из числа американских экономистов” [29, р. 24]. Как свидетельствует американская исследовательница Д. Уэдел, российские реформы разрабатывались кулуарно, фактически несколькими специалистами Гарвардского университета, тесно связанными с правительством США, и реализовывались в России усилиями правившего политического “клана Чубайса” [30, гл. 4]. По имеющимся данным, А.Б. Чубайс официально принял в Министерство государственного имущества РФ, причём на руководящие должности, иностранных консультантов, включая кадровых офицеров ЦРУ. Например, приказом № 141 по министерству начальником отдела иностранной технической помощи и экспертизы и заместителем председателя комитета в экспертной комиссии (этот пост занимал сам А.Б. Чубайс) был назначен Джонатан Хей — гражданин США, сотрудник ЦРУ. Экспертная комиссия была уполномочена рассматривать проекты указов Президента РФ, постановлений Правительства РФ и распоряжений председателя и заместителя председателя Мингосимущества по определению специфики приватизации в различных отраслях народного хозяйства<sup>3</sup>. Помимо юриста Дж. Хейя, можно упомянуть экономистов неолиберального толка Д. Сакса и А. Шлейфера. По словам С. Пирани, “американские советники совместно с Гайдаром, Чубайсом и их коллегами вырабатывали политические меры, которые потом вписывались прямо в президентские указы. Каждое значимое экономическое решение ельцинского президентства было осуществлено именно таким образом (курсив мой. — Р.Д.). Парламент оказывался выключенным из процедуры принятия решений” [29, р. 27]<sup>4</sup>. Мемуары С. Тэлботта [32], помощника президента США Б. Клинтона по российским делам, не оставляют сомнений в том, что американская администрация считала

<sup>3</sup> Хроника государственного переворота 1990-х и потрошения России чубайсами. <http://www.uznai-pravdu.ru/forum/viewtopic.php?t=2897&sid=af4b02eedc9fa06d5e4d60538484c603> (дата обращения 22.01.2011).

<sup>4</sup> Это ярко подтверждается и воспоминаниями американского банкира российского происхождения Б. Йордана (см. его интервью [31, р. 291–293]). Возглавив западных экспертов, он осенью 1992 г. по просьбе А.Б. Чубайса в кратчайшие сроки разработал программу приватизации. В результате процесс был запущен за день до начала работы очередного съезда народных депутатов, который оказался просто поставлен перед фактом. “То, чего мой дед не смог достичь во время войны Белой армии с коммунистами, мы сделали, изгнав государство из отношений собственности”, — с удовлетворением заключает внук белоэмигранта [31, р. 192].

Президента РФ Б.Н. Ельцина надёжным проводником своих интересов.

В основе продиктованных нашей стране экономических преобразований лежали принципы Вашингтонского консенсуса — свода правил, которым должна была руководствоваться экономическая политика в период перехода от командной к рыночной модели хозяйствования. Разработанная финансовым сообществом США для проведения своих интересов в Латинской Америке стратегия предлагала нехитрую формулу: либерализация (то есть приватизация, освобождение цен, дерегулирование капитала и внешней торговли) плюс стабилизация (то есть ограничение печатания денег). Повсюду в мире эта стратегия приводила к разрушению экономик развивающихся стран, к усилению их бедности и внешней зависимости [33]. Не стала исключением и Россия, экономика которой вот уже более 20 лет демонстрирует типичные признаки процесса “насаждения отсталости”. Нет смысла повторять широко известные факты об упадке обрабатывающей промышленности и изменении структуры производства в пользу добывающих отраслей, прежде всего производящих на экспорт энергоресурсы и другую продукцию низкой степени обработки. Перед нами — обычная картина перехода к монокультурной структуре экономики в интересах обслуживания центра мирового капитализма, сопровождающегося глубокой трансформацией социальной структуры общества, на одном полюсе которого формируется компрадорский класс собственников, а на другом — масса низкооплачиваемых трудовых кадров низкой квалификации.

Криминальный характер российской приватизации признан как зарубежными исследователями, так и официальными властями РФ. В меньшей степени осознаётся, что в ходе этого процесса произошёл синтез двух явлений: разложения советской правящей бюрократии [34, р. 9] и финансовализации современного крупного зарубежного бизнеса. Именно соединение двух этих процессов, отражающих разрушение базовых институтов и самих систем ценностей, соответственно, советского общества и современного капитализма, породило нынешнюю российскую модель корпоративного управления (см. об этом подробнее в [35]).

Специфика этой модели заключается в том, что она основана на так называемом неформальном контроле над активами. Необходимость такой формы контроля обусловлена невозможностью в современной России реализовать формальные права собственности, если они не подкреплены механизмами внеэкономического принуждения. Чтобы чётче представить описываемую особенность современного корпоративного управления в России, автор данных строк ввёл понятие “ин-

фраструктура контроля” (ИК). Под ИК понимается совокупность формальных и неформальных институтов, позволяющих доминирующим группам осуществлять власть над предприятиями. Внешние элементы ИК складываются из обеспечивающих защиту собственности от покушений со стороны конкурентов неформальных связей с государственными чиновниками, правоохранительными органами и криминальными структурами. Внутренние элементы ИК включают в себя призванные обеспечить контроль над трудовыми коллективами централизованную систему принятия решений, мониторинг деятельности персонала, службы безопасности.

Существенной характеристикой неформального контроля над активами является то, что их нельзя легализовать и передавать по наследству и всегда можно оспорить. Волны перераспределения прав собственности регулярно захватывают те или иные секторы российской экономики или национальное хозяйство в целом [36], нередко принимая форму криминального рейдерства. В последние годы перераспределение собственности всё чаще предстаёт в виде квазинационализации [37, с. 77–90], когда частное присвоение доходов сочетается с национализацией убытков предприятий. В результате временной горизонт управления отечественным крупным бизнесом становится краткосрочным, что отражается на целях, которые ставят перед собой предприниматели.

В отечественной литературе всё более утверждается концепция рентоориентированного поведения российского крупного бизнеса, то есть поведения, мотивированного стремлением извлекать прибыль из контроля над финансовыми потоками предприятий [38, 39]. Источником ренты могут быть урезание заработной платы рабочих и окладов менеджеров, сокращение инвестиций, уход от уплаты налогов, расхищение фонда амортизации, присвоение кредитных ресурсов и т.д. Я рассматриваю этот вид дохода как определённую форму прибавочной стоимости, отражающую периферийный характер российского капитализма, то есть, по существу, речь идёт о российском варианте империалистической ренты<sup>5</sup>.

Компрадорский характер отечественного крупного бизнеса ярко проявляется в его офшоризации. По мнению эксперта В.А. Дёмина, «Россия — единственная страна, где 90% крупного “российского” бизнеса и столько же флота с российскими судовладельцами зарегистрированы в офшорах, 80% сделок по продаже российских ценных бумаг проводится через эти юрисдикции» [43]. Согласно исследованию американского консалтингово-

<sup>5</sup> По этому поводу см. полемику автора данной концепции с ведущим экспертом Оксфордского университета по российской экономике [40–42].

го агентства “Бостон групп”, богатые люди Северной Америки размещают свои капиталы в собственных странах, тогда как элита периферии — за рубежом [44, р. 14], прежде всего в США.

Потребность доминирующих на российских предприятиях групп накапливать сбережения за рубежом, преимущественно в странах центра мирового капитализма, является одним из важнейших стимулов непрекращающегося процесса извлечения ренты. По данным Центрального банка России<sup>6</sup>, чистый вывоз капитала из страны частным сектором составил в 1994–2012 гг. 522.3 млрд. долл. При этом чистый ввоз капитала наблюдался лишь в 2006–2007 гг. — 131.5 млрд. долл. Только в первом–третьем кварталах 2013 г. вывоз капитала той же категории достиг 62.7 млрд. долл., тогда как весь бюджет РАН за этот год составил всего около 2 млрд. долл., то есть в 31 раз меньше! Таковы приоритеты нынешнего имущего класса страны, свидетельствующие о его компрадорском характере.

Ориентируясь на извлечение краткосрочной ренты и её инвестирование за рубежом, отечественный крупный бизнес неспособен осуществить модернизацию экономики. Согласно некоторым опросам менеджмента российских предприятий, в 1999–2012 гг. от 20 до 55% предприятий (в апреле–мае 2012 г. — почти 46%) вообще не осуществляло никаких производственных инвестиций [45, с. 103]. Те предприятия, которые всё же вкладывают в развитие производства, зачастую приобретают устаревшее оборудование. Об этом свидетельствует сокращение за годы реформ доли современной техники в общем выпуске машиностроения и катастрофическое старение его собственного оборудования [46, с. 38]. Доля респондентов, полагающих, что инвестиции на их предприятиях обеспечивают полноценную модернизацию производства, колебалась в 2000–2012 гг. между 3.7 и 18.4% [47, с. 142].

Такая глубокая незаинтересованность отечественного крупного бизнеса в технологическом прогрессе объясняет феномен невостребованности науки в современной России. Стоит ли удивляться тому, что *“вовлечённость российского бизнеса в НИОКР ниже, чем в любой развитой стране* (курсив С.М. Рогова. — Р.Д.)” [3, с. 37], если бизнес развитых стран не является компрадорским и извлекает ренту не из своих экономик, а из периферии для вложений у себя дома, а не за рубежом. В обществе периферийного капитализма и насаждения отсталости фундаментальная и прикладная наука и качественное образование ока-

зываются просто ненужными, поэтому правящий и имущий класс стремится свести затраты на эти цели к минимуму.

## ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ НАУКИ

Периферийный характер российского капитализма отражается на состоянии сегодняшней экономической науки и экономического образования в нашей стране. В 1990-е годы, одновременно с разрушением унаследованной от советских времён системы экономических научно-исследовательских институтов в стране быстро возникла сеть совершенно новых образовательных и исследовательских учреждений. Они полностью или в значительной мере финансируются из западных источников, для чего используется целая система грантов “на поддержку науки”, а в некоторых случаях спонсором выступает отечественный крупный бизнес. Способствует процветанию подобных учреждений и российское государство, обеспечивающее их заказами на различные исследовательские проекты. В число таких научных или научно-образовательных организаций входят Российская экономическая школа, Национальный исследовательский университет “Высшая школа экономики”, Институт экономической политики им. Е.Т. Гайдара, Институт экономического анализа, фонд “Бюро экономического анализа”, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ и многие другие. Как правило, оклады в этих учреждениях соответствуют западным стандартам, недостижимым для большинства отечественных научных и образовательных центров. Для молодых и перспективных исследователей-экономистов получение работы в подобных организациях нередко является единственным способом обеспечить себе и своей семье достойный уровень жизни. Российская академия наук не может предложить ничего подобного.

Описанная ситуация привела к возникновению в России отлаженной системы контроля над экономическим образованием и исследованиями, а также над выработкой основ экономической политики со стороны ангажированных научно-образовательных учреждений<sup>7</sup>. Я не утверждаю, что даваемое ими образование и проводимые

<sup>6</sup> Чистый ввоз/вывоз капитала частным сектором в 1994–2004 гг. (по данным платёжного баланса Российской Федерации). Чистый ввоз/вывоз капитала частным сектором в 2005–2012 гг. и в январе–июне 2013 г. (по данным платёжного баланса Российской Федерации, по методологии РПБ6). [http://www.cbr.ru/statistics/print.aspx?file=credit\\_statistics/capital.htm](http://www.cbr.ru/statistics/print.aspx?file=credit_statistics/capital.htm)

<sup>7</sup> Эти организации — своеобразная “альтернативная Академия наук” — проводят интересы прозападного экономического лобби, влияние которого основывается, как я полагаю, на скрытой, но эффективной поддержке со стороны правящих кругов Запада. В пользу существования подобной поддержки говорит, например, тот факт, что относительная консолидация государства, достигнутая в 2000-е годы на зыбкой основе притока нефтедолларов, странным образом не поколебала неолиберальный экономический курс руководства страны. Трудно объяснить другими причинами и политическое долгожительство таких давно скомпрометировавших себя в глазах нашего населения деятелей, как А.Б. Чубайс, Г.О. Греф и некоторых других.

исследования — низкого качества. Обычно преподавание ведётся силами смешанных коллективов западных и отечественных профессоров. Происходит тщательный отбор студентов, при этом предпочтение отдаётся людям, уже имеющим техническое или математическое образование. Обучение резко отличается от принятых в советское время стандартов. Традиционно, например, на экономическом факультете МГУ, студент изучал большое число фундаментальных теоретических дисциплин — философию, политическую экономию, историю экономических учений и др. Можно справедливо упрекнуть советское экономическое образование в догматизме, но было бы неверно отказать ему в приобщении студентов к культуре теоретического мышления, благодаря чему они приобретали способность независимо рассуждать и делать самостоятельные выводы. В вузах, о которых идёт речь, лекционные курсы не менее заряжены догматизмом в виде неолиберальной апологетики капитализма, а главный упор делается на технический анализ эмпирических данных с помощью утончённых математических методов. В результате выпускается специалист, чьё мировоззрение ограничено догмами свободного рынка, приспособленный к обработке массива эмпирических данных исключительно с заданных идеологических позиций.

Подготовка подобных кадров поставлена на широкую ногу с весьма важными целями. Ещё в 1990-е годы утвердилась практика создания при ведущих экономических министерствах страны так называемых экспертных комиссий, укомплектованных лучшими выпускниками образовательных учреждений нового типа. Эти формально совещательные органы в действительности осуществляют постоянный мониторинг экономической деятельности нашего государства и готовят проекты важнейших решений. Специалисты, оправдавшие доверие неолибералов своей деятельностью в экспертных группах, продвигаются на должности заместителей руководителей подразделений соответствующих экономических министерств. В дальнейшем они сменяют своих начальников, а потом становятся заместителями министров и министрами в Правительстве РФ. Яркий пример подобного карьерного роста демонстрирует бывший помощник Президента РФ, а ныне заместитель председателя Правительства РФ А.В. Дворкович, последовательно отстаивающий неолиберальную позицию.

Таким образом, поддерживается и укрепляется социально-экономический строй периферийного капитализма, и неудивительно, что представители этой своеобразной инфраструктуры западного мейнстрима — Е.Г. Ясин, В.А. Мау и другие — выступают в поддержку правительственного курса на ликвидацию РАН — избыточной и даже вредной в условиях курса на “насаждение отсталости” структуры.

Казалось бы, в такой ситуации академическая экономическая наука должна встать на защиту интересов страны и вступить в непримиримую научную борьбу с неолиберальной доктриной и её апологетами. Однако обладает ли секция экономики Отделения общественных наук РАН необходимым для этого научным оснащением?

Мировоззрение сообщества академических учёных-экономистов или, точнее, та теоретическая путаница, которая выдаётся за таковое, определяется произошедшим с крахом СССР отказом от марксизма. Характерно, что при этом марксизм отождествляется с официальной советской идеологией, чуть ли не со сталинским “Кратким курсом истории ВКП(б)”. Такая позиция не вызывает удивление, когда её озвучивает оглушённый антикоммунистической пропагандой малограмотный обыватель, но она не может разделяться научными работниками, считающими себя самостоятельно мыслящими интеллектуалами. Представляющим марксизм в таком выхолощённом виде коллегам хочется напомнить, что он неизмеримо шире и глубже официального советского марксизма-ленинизма. Марксизм как научная традиция включает наследие К. Маркса и Ф. Энгельса, теоретиков Второго интернационала, русских меньшевиков и большевиков, советский марксизм, породивший целый ряд различных оппозиционных интерпретаций, и западный марксизм. Разрабатываемый многими поколениями учёных всех континентов марксизм противостоит не какой-то одной западной экономической школе, но всей буржуазной общественно-научной традиции в целом. Остальные школы и течения гуманитарных наук располагаются между этими главными полюсами современной мировой общественной мысли. Отождествление марксизма с официальной советской идеологией является проявлением глубокого невежества или постыдного конформизма. Но, главное, отказ от марксизма в его официально-советской трактовке не означает отказа от догматического мышления как такового, а наоборот, сопровождается принятием в той или иной степени противоположного мировоззрения.

“Твёрдое ядро”<sup>8</sup> неолиберального учения во многом повторяет смысловое ядро политической экономии социализма, представлявшей собой наиболее догматическую часть советской экономической науки. Сравнивая их, необходимо указать на следующие поразительные параллели.

<sup>8</sup> Я опираюсь на научно-методологическую концепцию и соответствующую терминологию И. Лакотоша, рассматривая марксизм и неолиберализм как научно-исследовательские программы, положения которых делятся на фундаментальные, составляющие “твёрдое ядро”, и изменяемые в целях сохранения “твёрдого ядра” и формирующие его “защитный пояс”.

Во-первых, обе школы неправомерно оценивают возможности рационального познания и, соответственно, рационального выбора, предполагая, что экономика является эргодической системой, в которой отсутствует фундаментальная неопределённость Дж. Кейнса. В советской традиции “общественный центр” — совокупность органов государственного управления — трактовался как всеведущая сила, распределяющая имеющиеся ресурсы в соответствии с заранее выявленными общественными потребностями. В неоклассической либеральной теории аналогичным образом преувеличиваются перспективы для индивида — “рационального экономического человека” — максимизировать ожидаемую полезность на основе точного предвидения будущего.

Во-вторых, как официальный советский марксизм, так и неолиберализм объявляют способность обеспечивать бескризисное развитие фундаментальным свойством своих социально-экономических систем. В первом случае это отражено в “законе плановости как постоянно поддерживаемой пропорциональности”, а во втором — в теории “общего равновесия”. Закономерное возникновение кризисов равно исключается и в системе государственного социализма, и в системе капитализма.

В-третьих, и политическая экономия социализма, и неолиберализм отрицают даже теоретическую возможность эксплуатации труда в рамках своих общественных систем, при этом обвиняя в его эксплуатации (со стороны частного капитала или государства) друг друга. Одновременно обе школы декларируют гармонию социальных отношений. Она достигается либо благодаря “закону распределения по труду”, согласно которому каждый гражданин получает доход в строгом соответствии со своим вкладом в общественное производство, либо в условиях рыночной конкуренции, когда любой фактор производства вознаграждается по величине своего предельного продукта, то есть в зависимости от своего вклада в конечный результат хозяйственной деятельности (теория предельной производительности).

В-четвёртых, максимизация благосостояния рядовых граждан трактуется как закономерно порождаемая экономическим развитием соответствующего типа. Для выражения необходимого характера достижения всё большего благосостояния в советской науке постулировался “основной экономический закон социализма”, гласивший, что главной целью социалистической экономики является всемерное удовлетворение постоянно растущих материальных потребностей трудящихся. В неолиберализме аналогичную роль играет принцип Парето-эффективности, отражающий такое состояние общества, когда никто уже не

может повысить своё благополучие, не уменьшив благополучие кого-то другого. Это благодное состояние капитализма якобы наступает в результате рыночной конкуренции, являясь частью общего равновесия.

Как видим, фундаментальные принципы неолиберального мейнстрима и политической экономии социализма практически совпадают, формулируя одни и те же законы разными словами. Видимо, это отражает идеологическую потребность любой правящей касты в обосновании легитимности своего господствующего положения. Из сказанного становится ясно, что произошёл отказ большинства отечественных экономистов не от марксизма, который они никогда не знали и не знают до сих пор, а от советской догматики, после чего они приняли зеркально противоположную, но столь же догматическую систему взглядов неолиберального толка.

На это можно возразить, что сообщество учёных-экономистов РАН в общем и целом выступило против “шоковой терапии” 1990-х годов, критиковало принципы пресловутого Вашингтонского консенсуса и предлагало градуалистский подход к реформам. Это отчасти верно и является заслугой, однако заслугой довольно скромной, которую не стоит переоценивать. Одно дело критиковать осторожно и с оговорками, другое — бросить принципиальный вызов. Последнее, на мой взгляд, состоит не в отвержении отдельных мероприятий реформаторов, а в выдвижении мировоззренческой альтернативы всей системе разделяемых ими ценностей. Между тем критическая риторика велась с таких позиций, будто реформаторы просто не знают закономерностей развития институтов, чересчур молоды и неопытны, слишком буквально понимают постулаты неолиберальной теории и т.д. Отсюда следовало, что дела обязательно поправятся, если им всё обстоятельно объяснить, просветить по тем или иным вопросам и немного подождать, пока они повзрослеют. Критика реформ велась отечественной, и в частности академической, наукой без постановки вопроса о легитимности самого капиталистического общественного строя. Никогда не доказывался и даже не озвучивался тезис, согласно которому реформы способствовали превращению России в страну периферии мирового капитализма, объективно обусловив тем самым технологическую деградацию экономики, разрушение обрабатывающей промышленности и сделав просто ненужными добротное образование и науку высокого уровня.

Качество критики определяется и используемым теоретическим инструментарием. Если в сети прозападных экономических заведений безраздельно господствует чистый неолиберализм, то в среде академических экономистов наблюда-

\* \* \*

ется большая пестрота. Здесь встречаются и неолибералы, и те, кто считает себя институционалистами, кейнсианцами, сторонниками теорий постиндустриального общества, экономики знаний, информационного общества, “длинных волн” и множества других концепций. Однако важно подчеркнуть, что все эти теории берутся в том виде, в котором они образуют “защитный пояс” всё того же доминирующего неолиберального учения. Например, под институционализмом, как правило, подразумевается не старый институционализм Т. Веблена и Дж. Коммонса, отвергавший рыночный фундаментализм, а плохо освоенная так называемая “новая институциональная школа”, интегрировавшая, хотя и с некоторыми оговорками, их взгляды в рамках неолиберальной идеологии. Под кейнсианством также понимается “неоклассический синтез”, переосмысливший наследие Дж. Кейнса под углом зрения неолиберализма, а многочисленные вариации экономики знаний вуалируют монополизацию технического прогресса западными ТНК. Подобным образом любая система взглядов интерпретируется в интересах неолиберализма, в то время как разработки альтернативных по отношению к мейнстриму школ мировой экономической науки российским коллегам практически неизвестны. Между тем в настоящее время существует много различных направлений, наследующих традиции классической политической экономии: посткейнсианство, неорикардизм, французский дирижизм, современный марксизм. Если же эти школы и их взгляды и известны, то к ним не апеллируют, предпочитая продолжать изображать критическую позицию, не переходя опасную грань идеологических табу, то есть не отвергая саму систему ценностей периферийного капитализма.

Таким образом, отказ отечественной экономической науки от марксизма (вместо отказа от официальной догматики) привёл к утверждению власти новой идеологической догматики. При этом из двух видов догматизма современный явно хуже. Если советская идеология отражала интересы нашей бюрократии, то неолиберальный мейнстрим выражает интересы правящих классов Запада, объективно противостоящих интересам нашего народа, как, впрочем, и интересам трудящихся всех стран периферии мирового капитализма. Если догматизм политической экономии социализма затруднял развитие нашей страны, то неолиберальный догматизм закрепляет её отсталость. Получается, меньшему злу мы, вопреки не только науке, но и здравому смыслу, предпочли зло большее. С таким мировоззрением отстаивать интересы нашей науки и, шире, интересы нашей страны невозможно.

Анализ социально-экономической ситуации в мире и в России подтверждает выдвинутый в начале статьи тезис: борьба чиновников против Российской академии наук является частью процесса разрушения отечественных образования, науки и культуры и носит объективно неизбежный характер в условиях формирования и закрепления периферийного капитализма в качестве общественного строя пореформенной России.

Советская бюрократия стремилась развивать образование, науку и культуру, в том числе нуждалась в Академии наук, потому что вела “холодную войну”. В противоборстве с Западом наука была необходима для обеспечения технического прогресса, прежде всего в военной, но также и в гражданской области, для выработки собственной идеологии и познания окружающего мира в рамках этой идеологии. Современный правящий и имущий класс нашей страны глубоко зависим — финансово, политически и идеологически — от западной, прежде всего американской, элиты. Приняв на себя роль простого посредника в эксплуатации дешёвого труда и природных ресурсов нашей страны в интересах Запада, он не стремится отстаивать интересы России. Следовательно, его не заботят ни достижение военного паритета, ни выработка собственной идеологии, а рациональное познание общества и окружающего мира вообще противоречит инстинкту самосохранения отечественной компрадорской буржуазии, потому что неизбежно разоблачает её неприглядную роль в процессе “насаждения отсталости” в стране.

Развитие образования, науки и культуры необходимы только обществу, которое ведёт борьбу за самостоятельность и независимость, противостоит доминированию центра мирового капитализма, отвергая сложившуюся модель устройства мирового хозяйства и противопоставляя ей альтернативную экономическую стратегию, — вот главный урок, который Правительство РФ преподало российской интеллигенции, внося в Государственную думу РФ законопроект о “реформе” РАН, и из которого научное и интеллектуальное сообщество страны должно сделать выводы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Российская академия наук. Хроника протеста. Июнь—июль 2013 г. / Составитель Паршин А.Н. Изд. 2-е, доп. и испр. М.: Журнал “Российский репортёр”, 2013.
2. Полтерович В.М. Реформа РАН: экспертный анализ. Статья 1. Реформа РАН: проект Минобрнауки // Общественные науки и современность. 2014. № 1.

3. *Рогов С.М.* Шоковая терапия и “реформа РАН”: реалии российской науки. М.: Институт США и Канады РАН, 2013.
4. *Миндели Л.Э., Черных С.И. и др.* Финансирование исследований и разработок в России: состояние, проблемы, перспективы. М.: Институт проблем развития науки РАН, 2013.
5. *Миндели Л.Э., Пипия Л.К., Чистякова В.Е.* Тенденции развития кадрового потенциала российской науки. М.: Институт проблем развития науки РАН, 2008.
6. *Фортков В.Е.* Программа кандидата в президенты Российской академии наук. М.: РАН, 2013.
7. *Варшавский А.Е.* Проблемы науки и её результативность // Вопросы экономики. 2011. № 1.
8. *Frank A.* Dependent accumulation and underdevelopment. London: The Macmillan press Ltd., 1978.
9. *Hobsbawm E.* Industry and empire. Harmondsworth, Middlesex, UK: Penguin Books Ltd., 1968.
10. *Williams E.* Capitalism and slavery. Chapel Hill and London: The University of North Carolina Press, 1994.
11. *Bagchi A.* Colonialism and Indian economy. Oxford: Oxford University Press, 2010.
12. *Dowd D.* A comparative analysis of economic development in the American West and South // The journal of economic history. 1956. V. 16. P. 558–574.
13. *Bagchi A.* Perilous passage. Mankind and the global ascendancy of capital. Lanham, Maryland: Rowman & Littlefield publishers Inc., 2008.
14. *Brenner R.* The boom and the bubble. The US and the world economy. London, N.Y.: Verso, 2003.
15. *Ho K.* Liquidated. An ethnography of Wall Street. Durham and London: Duke University Press, 2009.
16. *Blair M.* Financial restructuring and the debate about corporate governance // The deal decade. What takeovers and leveraged buyouts mean for the corporate governance / Ed. by Blair M. Washington, D.C.: The Brookings Institution, 1993.
17. *Birch K., Mykhnenko V.* Introduction // The rise and fall of neoliberalism. The collapse of an economic order? / Ed. by Birch K. and Mykhnenko V. London, N.Y.: Zed books, 2010.
18. *Dicken P.* Global shift: reshaping the global economic map in the 21-st century. London etc.: SAGE publications inc., 2003.
19. *Blecker R., Razami A.* Developing country exports of manufactures: moving up the ladder to escape the fallacy of composition? // American University, Department of Economics, WP 2006-06, 2006.
20. Frontiers of commodity chain research / Ed. by Bair J. Stanford, Calif.: Stanford University Press, 2009.
21. *Milberg W.* Shifting sources and uses of profits: sustaining U.S. financialization with Global Value Chains. CEPN/SCEPA Conference, University of Paris, 2008. 13, Jan. 17<sup>th</sup>–18<sup>th</sup>.
22. *Amin S.* The law of worldwide value. N.Y.: Monthly Review Press, 2010.
23. *Harvey D.* The new imperialism. Oxford: Oxford University Press, 2003.
24. *Freeman R.* What really ails Europe (and America): the doubling of the global workforce // The Globalist. 2010. 5 March. <http://www.theglobalist.com/storyid.aspx?StoryId=4542>
25. *Rodrick D.* Labour markets: the unexpected frontier of globalization // The Globalist. 2011. 31 May.
26. *Pollin R.* Global outsourcing and the US Working Class // New Labor Forum. 2007. V. 16. P. 122–125.
27. *Serfati C.* Financial dimensions of transnational corporations, global value chain and technological innovation // Journal of innovation economics. 2008. V. 2. P. 35–61.
28. *Lane D.* Elites and classes in the transformation of state socialism. New Branswick (USA), London (UK): Transaction publishers, 2011.
29. *Pirani S.* Change in Putin’s Russia. Power, money and people. London: Pluto Press, 2010.
30. *Wedel J.* Collision and collusion. The strange case of western aid to Eastern Europe. N.Y.: Palgrave, 2001.
31. *Desai P.* Conversations on Russia. Reform from Yeltsin to Putin. Oxford: Oxford University Press, 2006.
32. *Talbott S.* The Russia hand: A memoir of presidential diplomacy. N.Y.: Random House, 2002.
33. *Chossudovsky M.* The globalisation of poverty. Impact of IMF and World Bank reforms. London etc.: Zed Books Ltd., TWN Third World Network, 1997.
34. *Menshikov S.* The anatomy of Russian Capitalism. Washington, DC: Executive intelligence review news service, 2007.
35. *Дзарасов Р.С., Новожёнов Д.В.* Крупный бизнес и накопление капитала в современной России. М.: Едиториал УРСС, 2009.
36. *Капелюшников Р.И., Дёмина Н.В.* Риски нестабильности собственности в российской промышленности. Препринт WP3/2011/01 Серия WP3. Проблемы рынка труда. М.: Высшая школа экономики, 2011.
37. *Устюжанина Е.В., Евсюков С.Г., Петров А.Г.* Состояние и перспективы развития корпоративного сектора российской экономики. М.: ЦЭМИ РАН, 2010.
38. *Новожёнов Д.В.* Экономическая теория и реальность: влияние на эффективность инвестиционных решений российских корпораций инсайдерских способов распределения доходов // Проблемы прогнозирования. 2004. № 2.
39. *Розмаинский И.В., Скоробогатов А.С.* Инвестиционная близорукость как институциональный ограничитель экономического роста в постсоветской России // Экономическая наука современной России. 2006. № 4.
40. *Dzarasov R.S.* Werewolves of Stalinism: Russia’s Capitalists and their System // Debatte: journal of contemporary Central and Eastern Europe. 2011. V. 19. P. 471–497 (перевод на русский: <http://dzarasov.ru/>)

- dzarasov-ruslan-oborotni-stalinizma-rossiyskie-kapitalisty-i-ih-stroy).
41. *Pirani S.* What makes Russian capitalism: a response to Ruslan Dzarasov // *Debate: journal of contemporary Central and Eastern Europe*. 2011. V. 19. P. 499–506 (перевод на русский: <http://dzarasov.ru/pirani-simon-chto-opredelyaet-rossiyskiy-kapitalizm-otvet-ruslanu-dzarasovu>).
42. *Dzarasov R.S.* Insider rent makes Russian capitalism: a rejoinder to Simon Pirani // *Debate: journal of contemporary Central and Eastern Europe*. 2012. V. 19. P. 585–597 (перевод на русский: <http://dzarasov.ru/dzarasov-ruslan-insayderskaya-renta-opredelyaet-rossiyskiy-kapitalizm-otvet-simonu-pirani>).
43. *Дёмин В.А.* Офшоры – реальная угроза экономической безопасности России. [http://www.prosvet.su/articles/sec/offshore\\_article2/](http://www.prosvet.su/articles/sec/offshore_article2/)
44. *Aerni V., de Juniac Ch., Holley B., Nang T.* Tapping Human Assets to Sustain Growth. *Global Wealth* 2007. Boston, MA: Boston Consulting Group, 2007.
45. *Кувалин Д.Б., Мусеев А.К.* Российские предприятия весной 2012 г.: отсутствие значимых положительных сдвигов // *Проблемы прогнозирования*. 2012. № 6.
46. *Борисов В.Н., Почукаева О.В.* Инновационное развитие машиностроения // *Проблемы прогнозирования*. 2013. № 1.
47. *Кувалин Д.Б., Мусеев А.К.* Российские предприятия в конце 2012 г.: работа в условиях значительной экономической неопределённости // *Проблемы прогнозирования*. 2013. № 3.



## ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

DOI: 10.7868/S0869587314040021

Сотрудники школы продукционной гидробиологии на протяжении многих лет проводят исследования водных экосистем и к настоящему времени достигли значительных результатов в области гидробиологии и гидроэкологии. Опыт, накопленный коллективом школы, вносит существенный вклад в решение глобальных проблем, касающихся рационального использования биологических ресурсов, контроля экологического состояния водоёмов и способов поддержания природного баланса в условиях антропогенной нагрузки.

### ШКОЛА ПРОДУКЦИОННОЙ ГИДРОБИОЛОГИИ

А.Ф. Алимов, Е.В. Балущкина

Гидробиология как составная часть экологии изучает надорганизменные формы жизни в водной среде, структуру и функционирование водных экосистем с целью разумной эксплуатации и управления ими. Современной гидробиологии принадлежит важная, а в некоторых отношениях и ведущая роль в решении крупнейших междисциплинарных проблем глобального значения. Это, например, создание научных основ рациональной эксплуатации биологических ресурсов водоёмов и водотоков, разработка основ прогнозирования состояния водных экосистем в условиях антропогенного воздействия; исследование причин эвтрофирования вод и создание методов его предотвращения; разработка научных основ управления качеством вод, поддержание чистоты воды в природных водоёмах и в сооружениях для водоснабжения; создание научных основ аквакультуры экономически значимых видов рыб, беспозвоночных и водорослей. Основные теоре-

тические положения современной гидробиологии, постановка задач исследований сформулированы в монографиях одного из авторов настоящей статьи [1, 2].

Продукционная гидробиология изучает процессы образования (продукции) и разрушения (деструкции) органических веществ, использования их в водных экосистемах, направлена на разработку теории биологической продуктивности водоёмов и водотоков и теории функционирования водных экосистем. Она использует методы зоологии, ботаники, микробиологии, физиологии, биогеографии, гидрологии, химии, физики, математики и других наук, сочетает изучение видового состава, количественного развития, распределения и сезонной динамики популяций и сообществ водных организмов с экспериментальными исследованиями эколого-физиологических характеристик организмов и их зависимости от факторов внешней среды.

Основы продукционной гидробиологии были заложены членом-корреспондентом АН СССР профессором Г.Г. Винбергом в начале 1930-х годов. Его исследования открыли новую эру в отечественной и мировой гидробиологии. К сожалению, в нашей стране результаты его работ приняли и применили на практике не сразу, и даже в течение многих лет они не только не признавались, но и подвергались гонениям. Лишь с конца 1950-х годов, сначала робко, а затем всё более решительно и широко они стали использоваться гидробиологами и экологами. Больших успехов удалось достигнуть в ходе исследований в рамках Международной биологической программы (1964–1974). В результате была выработана методология изучения экосистем, которая определила направление исследований отечественных и зарубежных гидробиологов на многие годы вперёд. Работа завершилась многочисленными публикациями на



Авторы работают в Зоологическом институте РАН. АЛИМОВ Александр Фёдорович — академик, директор. БАЛУШКИНА Евгения Владимировна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. alimov@zin.ru; balushkina@zin.ru

основе полученных результатов в разных странах, в том числе изданием руководства по определению вторичной продукции водоёмов [3].

В соответствии с постановлением Правительства РФ от 23 мая 1996 г. школа продукционной гидробиологии (далее — школа) отнесена к ведущим научным школам и на конкурсной основе получает гранты Президента РФ. Её возглавляет президент Гидробиологического общества РАН академик А.Ф. Алимов. Ядро школы находится в Лаборатории пресноводной и экспериментальной гидробиологии Зоологического института РАН. Навыки проведения исследований, которые в значительной степени способствовали успешному развитию продукционной гидробиологии, сложились здесь ещё в 30–50-е годы прошлого века при её первом руководителе профессоре В.И. Жадине.

Основными направлениями исследований школы являются:

- разработка теории функционирования водных экосистем, механизмов динамической изменчивости популяций, сообществ гидробионтов под влиянием меняющихся факторов среды (в том числе антропогенных);
- изменения потоков вещества, энергии и информации в экосистемах в эволюционном аспекте и при антропогенных воздействиях;
- механизмы эвтрофирования, ацидофикации водоёмов, загрязнения и самоочищения вод;
- количественная оценка продукционных возможностей экосистем водоёмов и водотоков разного типа;
- разработка методов и принципов прогнозирования продуктивности водоёмов, структуры биотических связей в экосистемах;
- разработка методов оценки состояния водных экосистем и качества вод, прогнозирование параметров оптимального использования экосистем водоёмов и их биологических ресурсов.

Методологической основой проводимых исследований является системный подход. Экосистема может быть представлена в виде совокупности видов и взаимосвязей потоков вещества, энергии и информации. Динамическое взаимодействие этих потоков, обеспечивающих стабильность экосистемы во времени в конкретных условиях среды, рассматривается как её функционирование.

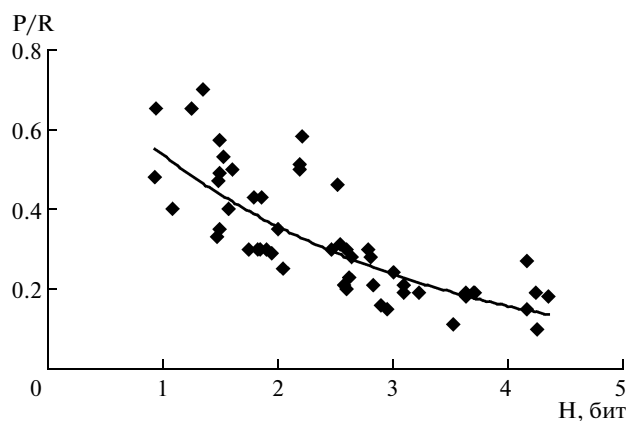
В результате проведённых исследований создана теория биологической продуктивности водоёмов, позволившая количественно отразить многие процессы, протекающие в их экосистемах. Теория основывается на балансовом и энергетическом принципах изучения водных экосистем, использующих законы сохранения вещества и энергии. Особое место в экосистеме занимает баланс органических веществ, которые в том числе

могут синтезироваться в самом водоёме в результате фотосинтеза растений или хемосинтеза бактерий. Основополагающее значение имеют скорости образования органических веществ и их разрушения в результате жизнедеятельности организмов. Каждая составляющая биотического баланса в экосистемах занимает вполне определённое положение по отношению к потоку энергии в них. Процессы биологического круговорота веществ, трансформации энергии осуществляются в результате различных взаимодействий организмов, поэтому в исследованиях большое значение придаётся изучению эколого-физиологических характеристик последних. Многие их функции, такие как скорость метаболизма, питания, роста, экскреции, количество потомков, индивидуальная территория и др., связаны с массой. Количественно эти связи описываются аллометрическим уравнением  $Y = aX^b$ . Для многих представителей водных организмов определены значения параметров ( $a$ ,  $b$ ) соответствующих уравнений. Впервые в мировой литературе было показано, что масса биологических объектов является одновременно мерой инерции, гравитации и интенсивности обменных процессов, обеспечивающих жизнедеятельность организмов [2]. Основные положения теории широко используются в исследованиях водных и наземных экосистем как в нашей стране, так и за рубежом.

Предложено выделение функциональной экологии животных [4], призванной количественно оценивать значение популяций в процессах биологической продуктивности, превращения веществ и трансформации энергии в экосистемах. Изучение функциональной экологии планктона, личинок хирономид и других амфибиотических насекомых [5, 6, 7] подтвердили необходимость проведения дальнейших исследований.

В работах коллектива школы активно применяются методы математического моделирования [8, 9]. Построены математические модели, описывающие взаимодействия гидробионтов с биотической и абиотической средой обитания. Главная идея заключается в фокусировании внимания только на ключевых (функциональных) группах организмов и на основных биотических и абиотических взаимосвязях. Структура моделей активно используется для прогнозирования возможных изменений и последствий воздействия на экосистемы водоёмов [9].

Состояние экосистемы или сообществ гидробионтов может быть охарактеризовано структурными и функциональными показателями. Отношение продукции к суммарным тратам на обмен всеми гидробионтами ( $P/R$ ) — функциональная характеристика экосистемы. В качестве одного из возможных структурных показателей предложено использовать видовое разнообразие, оценива-



Зависимость показателя P/R от структуры экосистемы

емое индексом Шеннона (H). Этот индекс суммирует большое количество информации о численности и видовом составе организмов, учитывая число видов и степень их доминирования. Информационная интерпретация энтропийного индекса Шеннона состоит в том, что разнообразие трактуется как приходящееся на одну особь количество информации, заключённой в распределениях по видам, особям или энергии трофических связей. Возрастание величины индекса указывает на увеличение неопределённости и однородности структуры изучаемой системы; его снижение свидетельствует, что структура становится менее однородной и возрастает доминирование каких-то её отдельных видов. В первом случае мы имеем дело с более сложной структурой системы, во втором — структура менее сложная. Это даёт возможность использовать индекс H для оценки степени сложности системы.

Между величиной отношения P/R и показателем сложности структуры (H) экосистемы установлена функциональная связь:  $P/R = \alpha H^{-\beta}$  (см. рис.). Мы видим, что высокая продуктивность системы свойственна простым по структуре экосистемам.

Из сказанного можно сделать следующие выводы.

Во-первых, строгие количественные связи между структурными и функциональными характеристиками биосистем дают основание надеяться на получение количественных соотношений между потоками энергии и информации в водных экосистемах.

Во-вторых, структура сообществ организмов и экосистем сохраняется не за счёт установления устойчивых связей между элементами (как у объектов неживой природы), а за счёт постоянных затрат энергии на поддержание упорядоченности и воспроизводства элементов системы, их структур и структур организмов; изменение структуры системы, обусловленное, например, исчезнове-

нием отдельных видов, изменением их трофических связей, приводит к изменению её функциональных характеристик, в результате чего система переходит в новое состояние, определяемое иными структурными и функциональными показателями.

В-третьих, достижение высокой продуктивности сообщества животных или экосистем возможно лишь при упрощении их структуры, в том числе в результате эксплуатации экосистем. Этот показатель определяется не только продукционным потенциалом популяций, величиной доступных животным кормовых ресурсов, но и интенсивностью эксплуатации [10] или организацией определённой возрастной структуры популяции [8]. Получение высокой продуктивности в поликультуре невозможно. Для поддержания системы в состоянии высокой продуктивности необходимы затраты энергии, важно уметь рассчитывать эти затраты и оценивать их выгодность. К сожалению, расчётные методы пока не разработаны, а без них принимаемые решения могут привести к непредсказуемым результатам.

Разная степень эксплуатации озёрных экосистем приводит к изменениям их структурных и функциональных характеристик. Например, по мере увеличения численности рыб в озёрах-рыбопитомниках доля продукции сообществ донных животных сначала увеличивается и, достигнув максимума, начинает снижаться. Это говорит о необходимости определить оптимальный режим эксплуатации таких озёр. В обычных озёрах, где ведётся промысел рыб в пределах нормы, доля продукции кормовых объектов закономерно снижается при возрастании количества рыбы. Отношение продукции и трат на обменные процессы в сообществах планктонных и бентосных животных (как кормовых объектов рыб) снижается по мере возрастания средней массы рыб в водоёме. Это означает, что в водоёмах, где обитают более крупные рыбы, в сообществах кормовых организмов доля производимой энергии по отношению к рассеиваемой в процессах обмена ниже, чем в водоёмах с преобладанием рыб меньшего размера. Чем более сложно организовано сообщество животных, тем большая доля энергии рассеивается в процессах обмена по отношению к энергии, запасённой в продукции. Можно предположить, что увеличение среднего размера рыб приводит к усложнению структуры сообществ их кормовых объектов. Такое явление, вероятно, связано с тем, что рыбы потребляют в первую очередь животных крупных размеров и тем самым снижают степень их доминирования в сообществах, способствуя поддержанию высокого видового разнообразия и стабилизации потоков энергии.

Одно из важнейших достижений школы — построение генеральной схемы потоков энергии в водных экосистемах, что является результатом анализа многочисленных биотических балансов

Доля энергии отдельных составляющих биотического баланса от энергии первичной продукции в экосистемах разных водоёмов, %

Составляющие баланса	Доля энергии
$A_{\text{бас}}$ (поток энергии через бактериопланктон)	84
$P_z$ (продукция сообществ зоопланктона)	4.2
$P_b$ (продукция сообществ бентоса)	8 (водохранилища), 2–7 (озёра)
$P_f$ (продукция сообществ рыб)	0.11 (озёра, водохранилища), 2 (пруды)
$Y_f$ (вылов рыб)	0.1–0.3 (озёра, водохранилища), 0.4–2.2 (пруды)

для экосистем различных по типу и географическому положению водоёмов. Это позволило выявить некоторые общие закономерности. Из таблицы следует, что продукция сообществ животных снижается в направлении от планктона к рыбам. Установлено, что вылов рыб в озёрах и водохранилищах в среднем не превышает 0.3, а в морях — 0.03% от величины первичной продукции [11], в прудах — не более 2%. Следовательно, рост продуктивности (в том числе и рыбопродуктивности) экосистем возможен лишь при увеличении количества первичной продукции, что неизбежно связано с эвтрофированием, упрощением структуры экосистемы, а это требует дополнительных затрат энергии.

В 2001–2013 гг. проводились исследования структуры и продуктивности водоёмов разных климатических зон (от побережья Белого моря до Юга России и Крыма) с характерной морфометрией и химизмом вод, в разной степени подвергавшихся антропогенным воздействиям. Изучены реки Ленинградской области и эстуарий реки Невы, находящиеся на территории наиболее промышленно развитого мегаполиса Северо-Запада России. Впервые в мире получены оригинальные данные, характеризующие закономерности и особенности функционирования водных экосистем разного типа [12].

Биологическое разнообразие и продуктивность связаны с морфометрическими характеристиками водоёмов, в частности, чем больше их ёмкость, тем больше биомасса и продуктивность рыб. Установлены следующие количественные связи между выловом рыбы, площадью озёр, их географической широтой, первичной продукцией планктона: вылов рыбы в большей степени определяется площадью озера, в меньшей — первичной продукцией и менее всего — географическим положением [13]. Высокую продукцию в сообществах рыб можно ожидать в озёрах с большей ёмкостью, но при этом доминировать будут виды мелкие по размерам и с высокой скоростью роста.

В результате анализа видового богатства водных организмов в градиенте солёности вод в Балтийском море было установлено, что пик числа видов эукариотных и прокариотных одноклеточ-

ных микроорганизмов планктона (протистов) обнаружен в зоне критической солёности 5–8‰ (хорогалиникуме). Этот факт был положен в основу новой концепции максимума числа видов протистов в хорогалиникуме [14, 15]. Данная зона благоприятна для развития мелких, интенсивно растущих и быстро эволюционирующих одноклеточных микробов; крупные донные животные, высшие водные растения и макроводоросли, напротив, менее разнообразны. Для объяснения этого явления предложена новая концептуальная модель, основанная на представлениях о зоне критической солёности как экотоне (то есть резкого перехода между экологическими видами), относительной вакантности солоноватоводных экологических ниш и пониженной напряжённости конкурентных отношений организмов за пищу, а также гипотезе о пользе умеренного стресса [14, 15]. Такие представления позволяют лучше понять принципы формирования трофической структуры пелагических сообществ (растения и животные, обитающие в толще или на поверхности воды) и функционирование экосистем эстуариев и других водоёмов с ярко выраженным градиентом солёности воды.

Школой была изучена динамика биологического разнообразия и изменений функционирования экосистемы эстуария реки Невы, начиная с первой половины прошлого века до 2005 г. [16]. Эвтрофирование, вселение чужеродных видов, химический стресс и грунтонамывные работы — основные формы антропогенного воздействия на экосистему крупнейшего эстуария Балтики. Однако многие изменения в экосистеме, которые часто относят к антропогенным воздействиям, могут быть обусловлены природными факторами. Так, в период с 1980 г. по настоящее время флуктуации расхода воды реки Невы, затоки придонных обеднённых кислородом вод из западной части Финского залива, высокие летние температуры и укороченный подлédный период приводили к неблагоприятным изменениям в экосистеме. Отмечалось увеличение трофического статуса водоёма в 2–3 раза, разрушение естественных сообществ зообентоса и натурализация чужеродных

видов, многократное снижение вылова рыбы и уменьшение численности кольчатой нерпы [17].

В глубоководной зоне восточной части Финского залива отмечено уменьшение эффективности передачи энергии по пищевым цепям и продуктивности популяций консументов, в том числе рыб и тюленей. Причиной этих изменений послужили процессы эвтрофирования вод, повышение продуктивности фитопланктона и доминирование цианобактерий в летнем фитопланктоне. Преобладание последних снизило кормовую базу зоопланктона, увеличило значение “бактериальной петли” в общих процессах и тем самым уменьшило эффективность передачи энергии от фитопланктона к зоопланктону. Периодическое распространение гипоксии у дна привело к многократному снижению продуктивности зообентоса. Произошли неблагоприятные изменения и в структуре зоопланктона и зообентоса: уменьшилась роль кормовых видов беспозвоночных и увеличилась роль недоступных для рыб чужеродных видов вселенцев. Всё это привело к многократному снижению эффективности передачи энергии от первичных продуцентов к рыбе, значительно сокращению продукции рыб, способствовало катастрофическому падению численности кольчатой нерпы в экосистеме восточной части Финского залива [18].

Обобщены результаты многолетних исследований гипергалинных озёр Крымского полуострова с естественным и нарушенным водным режимом, донные отложения которых — источник лечебных грязей. По уровню первичной продукции мелководные солёные озёра умеренной зоны Европейской части СНГ относятся к эвтрофно-гиперэвтрофному типу. Увеличение солёности воды в озёрах приводит к уменьшению видового разнообразия гидробионтов, в первую очередь консументов, к постепенному сокращению донных сообществ животных и увеличению потока энергии через планктонные сообщества. Укорочение трофической цепи в гипергалинных водоёмах и слабое влияние или отсутствие в их экосистемах консументов второго порядка способствует высокой эффективности использования консументами первого порядка продукции продуцентов и в сочетании с высокой первичной продукцией водоёма стимулирует воспроизводство биологических ресурсов. Высокая продуктивность и эффективность воспроизводства биоресурсов в таких водоёмах достигается при низком видовом разнообразии в их экосистемах. В водоёмах с солёностью до 100‰ основное значение в формировании потоков энергии имеют сообщества донных консументов, способных эффективно использовать первичную продукцию. В гипергалинных озёрах с естественным водным режимом биомасса, продукция и рационы нехищного зоопланктона и макрозообентоса тесно

коррелируют с трофическим статусом экосистем, гидрохимическими характеристиками и морфометрией озёр. Изменение одной из этих характеристик (в частности, глубины) вызывает ряд последовательных изменений гидрохимических показателей, определяющих видовой состав, трофическую структуру, соотношение продукции отдельных компонентов экосистемы [19–22].

Интенсивность экскреции минерального фосфора — основного биогенного элемента в озёрах, лимитирующего уровень биологической продуктивности, — была изучена применительно к 23 видам донных животных из континентальных водоёмов Северо-Запада России и КНР. Интенсивность экскреции фосфора снижается с увеличением массы тела животных (что находится в полном соответствии с современной метаболической теорией в экологии) и описывается степенными уравнениями. Изменение структуры сообществ донных животных может существенно повлиять на интенсивность потока биогенных веществ через донную подсистему водоёма [23].

Построена математическая модель исследования биотических потоков фосфора в водоёме и оценки роли отдельных компонент экосистемы в переносе фосфора. С её помощью установлен трофический статус конкретного озера (Лёкшм-озеро), дан прогноз изменения состояния экосистемы при существующих нагрузках биогенами, определены сроки перехода озера в эвтрофное состояние и возможности эксплуатации его экосистемы для аквакультуры лососёвых рыб. Результаты подтверждены полевыми исследованиями [24, 8].

В 1994–2004 гг. на основе биологических показателей разработаны интегральные методы оценки качества вод и предварительные критерии оценки состояния водных экосистем различного типа, подвергающихся антропогенному воздействию, даны рекомендации по организации гидро-биологического мониторинга водных экосистем Санкт-Петербурга и Ленинградской области, сформулированы основные принципы оценки качества воды по биологическим показателям. На примере эстуария реки Невы показано, что оценку состояния экосистем рекомендуется проводить по комплексу биологических характеристик, а не по уровням абиотических факторов [25–27]. Разработанные для рек и эстуариев Северо-Запада России оригинальные методы интегральной оценки состояния экосистем с успехом применяются в мониторинге водотоков и водоёмов разного типа для других областей нашей страны [28]. Применение интегрального показателя для оценки состояния экосистем и изучения влияния биотических и абиотических факторов, включая антропогенные, позволяет разработать нормы антропогенного воздействия на биоту в целях предотвращения её деградации [29].

В 1990-е годы начали активно развиваться исследования видов-вселенцев, появление которых для многих водоёмов оценивалось как биологическое загрязнение. В 2004 г. впервые было выделено пять специфических свойств биологического загрязнения, обуславливающих воздействие видов-вселенцев на экосистему водоёма-реципиента. Вселенцы оказывают влияние на процессы первичного продуцирования и на круговорот биогенных элементов в водных экосистемах, они способны изменить пространственную структуру экосистем, структуру потоков энергии и процессы сукцессии, выступая как “экосистемные инженеры”. Наиболее нежелательное воздействие — торможение сукцессионных процессов и возвращение экологической системы на более ранние стадии развития [30].

Одними из наиболее успешных вселенцев в Балтийское море стали полихеты рода *Marenzelleria*. Они впервые появились в 1985 г. и быстро освоили всю Балтику, где в настоящее время представлены тремя близкими видами, два из которых обнаружены в Финском заливе. Вплоть до 2009 г. интродукция полихет не сопровождалась существенными изменениями в донных сообществах. Затем они оккупировали глубоководные районы, что связано с инвазией арктического представителя (*Marenzelleria arctica*), обладающего большими биотурбационными и биоирригационными способностями. Это привело к появлению в глубоководных районах залива новой функциональной группы бентоса. Инвазия полихет существенно воздействует на биогеохимические процессы и трофические взаимоотношения в восточной части Финского залива и в ближайшие годы может вызвать кардинальную перестройку его экосистемы [31].

Виды-вселенцы амфипод, мизид и декапод заняли ведущее место в биомассе донных сообществ реципиентных экосистем водоёмов Балтийского региона и, будучи по большей части всеядными, стали важным связующим звеном между продуцентами и консументами высшего порядка. Существенные изменения в структуре сообществ организмов вызваны высоким прессом хищных вселенцев. Например, после появления байкальского бокоплава (*Gmelinoides fasciatus*) в Ладожском озере произошли существенные изменения биомасс основных групп бентоса (олигохет, хирономид, амфипод и др.), снижение численности популяций ракообразных (*Gammarus lacustris*, *Pallasea quadrispinosa* и *Asellus aquaticus*). Биомасса вселенцев достигла 77% от биомассы донных животных, рачки стали основой питания многих рыб, увеличилась эффективность использования пищевых ресурсов и возросла рыбопродуктивность [32].

Методические разработки школы были внедрены в практику экологического мониторинга.

“Методика ведения мониторинга чужеродных видов на Финском заливе” утверждена в качестве нормативного документа Правительства Санкт-Петербурга (Заключение экспертной комиссии № 6/07 от 21.11.2007).

Сведения о функционировании водных экосистем, накопленные нашим коллективом, были обобщены и опубликованы в многочисленных статьях и монографиях, основные результаты доложены на международных конференциях и получили широкое признание среди гидробиологов всего мира.

Главные итоги многолетних работ школы подведены в книге А.Ф. Алимова, В.В. Богатова, С.М. Голубкова “Продукционная гидробиология” [33]. В ней рассмотрены основные положения продукционной гидробиологии, методы определения первичной и вторичной продукции, общие положения биотических балансов, потоки энергии, вещества и информации в водных экосистемах, изложены основные закономерности роста и размножения водных животных, динамики численности и биомассы их популяций, даны важнейшие характеристики пресноводных сообществ, оценена их стабильность и устойчивость, выявлены особенности функционирования речных экосистем, приведены материалы по формированию качества вод и интродукции пресноводных организмов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. СПб.: Наука, 2000.
2. Alimov A.F. Towards a theory of the functioning of aquatic ecosystems. Leiden: Blackhuys Publisher, 2003.
3. Edmondson W.T., Winberg G.G. A manual on methods for the assessment of secondary productivity in freshwaters // IBP Handbook. 1971. № 17.
4. Алимов А.Ф. Функциональная экология пресноводных двусторчатых моллюсков. Л.: Наука, 1981.
5. Иванова М.Б. Продукция планктонных ракообразных в пресных водах. Л.: ЗИН РАН, 1985.
6. Балушкина Е.В. Функциональное значение личинок хирономид в континентальных водоёмах. Л.: Наука, 1987.
7. Голубков С.М. Функциональная экология личинок амфибиотических насекомых. СПб.: ЗИН РАН, 2000.
8. Умнов А.А. Математическое моделирование биотических потоков вещества и энергии в водных экосистемах / Под ред. Алимова А.Ф. и Мингазовой Н.М. СПб.: Наука, 1997.
9. Håkanson L., Boulion V.V. The lake foodweb — modeling predation and abiotic/biotic interactions. Leiden: Blackhuys Publishers, 2002.
10. Алимов А.Ф., Умнов А.А. Модель популяции амфиподы // Журнал общей биологии. 1989. № 5.

11. Бульон В.В. Закономерности первичной продукции в лимнических экосистемах. СПб.: Наука, 1994.
12. Балушкина Е.В., Голубков С.М. Закономерности гидробиологического режима водоёмов разного типа. М.: Научный мир, 2004.
13. Алимов А.Ф. Морфометрия водоёмов и биологическое разнообразие // Динамика биологического разнообразия и биоресурсов континентальных водоёмов. СПб.: Наука, 2012.
14. Telesh I.V., Schubert H., Skarlato S.O. Revisiting Remane's concept: evidence for high plankton diversity and a protistan species maximum in the horohalinicum of the Baltic Sea // Marine Ecology Progress Series. 2011. V. 421. P. 1–11.
15. Telesh I.V., Schubert H., Skarlato S.O. Life in the salinity gradient: Discovering mechanisms behind a new biodiversity pattern // Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2013 (Accepted 16.10.2013).
16. Экосистема эстуария реки Невы: биологическое разнообразие и экологические проблемы / Под ред. Алимова А.Ф., Голубкова С.М. СПб.—М.: КМК, 2008.
17. Golubkov S., Alimov A. Ecosystem of the Neva Estuary (Baltic Sea): natural dynamics or response to anthropogenic impacts? // Marine Pollution Bulletin. 2010. V. 61. P. 198–204.
18. Голубков С.М., Максимов А.А., Голубков М.С., Литвинчук Л.Ф. Функциональный сдвиг в экосистеме восточной части Финского залива под влиянием естественных и антропогенных факторов // Доклады АН. 2010. № 3.
19. Балушкина Е.В., Голубков С.М., Голубков М.С., Литвинчук Л.Ф. Структурно-функциональные характеристики экосистем малых солёных озёр Крыма // Биология внутренних вод. 2007. № 2.
20. Балушкина Е.В., Голубков С.М., Голубков М.С. и др. Влияние абиотических и биотических факторов на структурно-функциональную организацию экосистем солёных озёр Крыма // Журнал общей биологии. 2009. № 6.
21. Голубков С.М., Балушкина Е.В., Голубков М.С., Литвинчук Л.Ф. Закономерности функционирования, биологическое разнообразие и биоресурсы экосистем мелководных солёных озёр // Динамика биологического разнообразия и биоресурсов континентальных водоёмов. СПб.: Наука, 2012.
22. Golubkov S., Golubkov M., Balushkina E., et al. Biodiversity and the functioning of hypersaline lake ecosystems from Crimea Peninsula (Black Sea) // Archiv für Hydrobiologie. 2007. № 1.
23. Голубков С.М., Березина Н.А. Экскреция фосфора донными беспозвоночными континентальных водоёмов // Доклады АН. 2012. № 5.
24. Балушкина Е.В., Голубков С.М., Иванова М.Б. и др. Опыт прогнозирования последствий эвтрофирования оз. Лёкшмозеро на основе закономерностей функционирования экосистем // Реакция озёрных экосистем на изменение внешних условий. СПб.: ЗИН РАН, 1997.
25. Балушкина Е.В. Применение интегрального показателя для оценки качества вод по структурным характеристикам донных сообществ // Реакция озёрных экосистем на изменение внешних условий. СПб.: ЗИН РАН, 1997.
26. Балушкина Е.В. Изменения структуры сообществ донных животных при антропогенном воздействии на водные экосистемы (на примере малых рек Ленинградской области) // Евроазиатский энтомологический журнал. 2004. № 4.
27. Balushkina E.V., Finogenova N.P. Changes in benthic community structure and assessment of state and quality of waters of ecosystems of the Neva Bay and the Gulf of Finland in 1994–2001 // Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Biology. Ecology. 2003. № 4.
28. Балушкина Е.В. Оценка состояния экосистемы и качества вод эстуария р. Невы по показателям зообентоса // Экосистема эстуария реки Невы: биологическое разнообразие и экологические проблемы. М.: КМК, 2008.
29. Балушкина Е.В. Оценка качества вод и состояния водоёмов и водотоков Северо-Запада России по характеристикам сообществ донных животных // Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоёмов. Научный совет ОБН РАН по гидробиологии и ихтиологии. М.: ИПЭЭ РАН, 2011.
30. Голубков С.М. Влияние чужеродных видов на функционирование водных экосистем // Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах / Под ред. Алимова А.Ф., Богущкой Н.Г. М.—СПб.: КМК, 2004.
31. Maximov A.A. Changes in Bottom Communities of the Eastern Gulf of Finland after Introduction of the Polychaete *Marenzelleria neglecta* // Russian Journal of Biological Invasions. 2010. № 1.
32. Berezina N.A., Strelnikova A.P. The role of the introduced amphipod *Gmelinoides fasciatus* and native amphipods as fish food in two large-scale north-western Russian inland water bodies: Lake Ladoga and Rybinsk Reservoir // Journal of Applied Ichthyology, Special Issue: Alien Species in Aquaculture and Fisheries. 2010. V. 26. P. 89–95.
33. Алимов А.Ф., Богатов В.В., Голубков С.М. Продукционная гидробиология (в печати).

## ИЗ РАБОЧЕЙ ТЕТРАДИ ИССЛЕДОВАТЕЛЯ

DOI: 10.7868/S0869587314020406

Животрепещущая тема всех современных дискуссий, и не только научных, — сохранение среды обитания всего живого на Земле. Эта проблема тревожит любого человека, чья деятельность связана с технологическими производствами, неизбежным разрушающим влиянием на окружающую среду отходов этих производств. Предпринимаются попытки создания безотходных технологий. Один из таких примеров — разработки с участием авторов публикуемой статьи, которые могут быть использованы при модернизации отечественных химико-технологических и металлургических предприятий.

### НА КАКИХ ПРИНЦИПАХ СЛЕДУЕТ СОЗДАВАТЬ ПРОИЗВОДСТВА НОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА?

Ю.Н. Туманов, С.Б. Точилин, Н.В. Дедов

Сравнительно давно дискуссия в российском обществе идёт не по вопросу “новая индустриализация или сырьевая модель?”, а по поводу конкретных путей реализации современной модели развития. Несмотря на глобальный финансовый кризис, сегодня происходит становление нового технологического уклада, ядро которого — комплекс производств, связанных с нано-, био-, инфо- и другими технологиями. По прогнозам экономической науки, через несколько лет мир начнёт выходить из глобального кризиса как раз за счёт роста этих новых производств. По мнению заместителя генерального секретаря Евразийского экономического сообщества академика С.Ю. Глазьева, процесс перехода должен привести к кардинальному повышению эффективности, прежде всего энергоэффективности, которая в производствах нового уклада должна быть на порядок выше, чем в традиционных [1].

Понятие “новый технологический уклад” (альтернативное определение — “модернизация”) охватывает широкий круг объектов, включающих энергетическую и обрабатывающую промышленность, химическую технологию, металлургию,

горнорудную промышленность, материаловедение и т.д. Для создания таких производств необходимо располагать мощным научно-техническим базисом. Общим для перечисленных производств в рамках существующего технологического уклада является разрушающее влияние на биосферу, которое продолжается, несмотря на попытки законодательно ограничить поступление в биосферу отходов этой деятельности и в национальном, и в международном масштабе (например, Киотский протокол). Речь идёт не только о газовых выбросах энергетических, химических, металлургических и прочих предприятий, но и о твёрдых промышленных и бытовых отходах (терриконы, отвальные поля, дамбы, глубинные захоронения радиоактивных и токсичных отходов, полигоны и просто свалки бытовых отходов), загрязнении рек, озёр и морей. Всё это суммируется с тепловым загрязнением биосферы — следствием сравнительно низкого энергетического КПД многих промышленных технологий.

Становление производств нового технологического уклада должно осуществляться на основе иных принципов, в частности, за счёт организа-



ТУМАНОВ Юрий Николаевич — доктор химических наук, главный научный сотрудник Национального исследовательского центра “Курчатовский институт”. ТОЧИЛИН Сергей Борисович — генеральный директор ОАО “Сибирский химический комбинат”. ДЕДОВ Николай Владимирович — доктор технических наук, ведущий инженер ОАО “Сибирский химический комбинат”.  
tumanov@iacph.kiae.ru, bnti@seversk, tomsknet.ru, dedov@yandex.ru



ции современных технологических маршрутов, включающих широкое применение плазменного состояния вещества и исключающих образование промышленных отходов. Именно так в настоящее время на международном уровне ведутся работы по использованию управляемого термоядерного синтеза (УТС) [2–4]. При промышленном освоении УТС будет создано новое качество в энергетике, должна радикально измениться её сырьевая база и снизиться нагрузка на биосферу. На этой же основе необходимо открывать новые технологические маршруты в металлургии, химической технологии, горнорудном производстве, электронике. Использование плазменного состояния позволяет создавать не просто новые технологии, а новое качество.

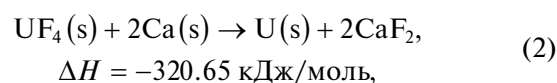
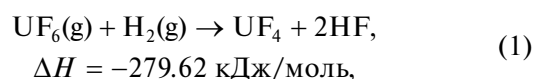
С плазменными технологиями в родственной связи находятся электротехнологии нового поколения, основанные на применении генераторов и потоков технологической плазмы в химико-металлургических производствах, электромагнитных полей различного частотного диапазона для синтеза и обработки металлических и керамических материалов, технологических лазеров, например, для получения готовых микроизделий в нанотехнологии и микрометаллургии [5]. Все эти технологии становятся осуществимыми в сочетании с аффинажными технологиями подготовки сырья в жидком и газообразном состоянии. В первую очередь следует отметить аффинажные технологии ядерного топливного цикла (ЯТЦ) — ионообменную сорбцию на синтетических органических ионитах, жидкостную экстракцию, ректификацию, сорбцию на гранулированных фторидных сорбентах, с помощью которых можно достигать любого уровня чистоты сырья [6]. Эти аффинажные технологии применяют и в других отраслях промышленности, но в ЯТЦ налажено их системное использование. Именно с появлением в ЯТЦ аффинированного жидкого и газового сырья открылись широкие возможности для электротехнологий, частным случаем которых являются плазменные технологии. Во многих из них экстракцию, сорбцию и ректификацию можно применять при осуществлении комбинированной технологии для разделения и очистки получаемых продуктов (плазменно-ректификационные, плазменно-сорбционные технологии и др.).

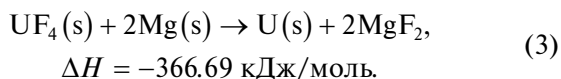
Сформулированная выше задача — создать новый производственный базис на основе использования плазменного состояния вещества — не благое пожелание, уже имеются практические результаты. В 1970–1980 гг. на предприятиях Министерства среднего машиностроения разрабатывались новые химико-металлургические технологии с использованием технологической плазмы и других электротехнологий нового поколения, что имело целью сократить число операций по производству ядерных и конструкционных материалов,

снизить потери материалов, повысить энергетический КПД, уменьшить нагрузку на биосферу [7]. В Северске, Усть-Каменогорске, Глазове, Днепродзержинске, Новосибирске, на Московском заводе полиметаллов, в НПО “Алмаз” и на других предприятиях Минсредмаша были построены и успешно испытаны стендовые и полупромышленные плазменные и частотные установки для получения ядерных и конструкционных материалов мощностью до 4 МВт (пилотные заводы, по импортированной из-за рубежа терминологии). Разработаны и сравнительно мощные электродуговые, радиочастотные и микроволновые генераторы технологической плазмы, которые являются побочными продуктами развития космической, ядерной и военной техники.

Основным разработчиком плазменного оборудования для предприятий Минсредмаша в 1970–1990 гг. был Сибирский химический комбинат в городе Северске Томской области. На основе проведённых НИОКР сформулировали задачу — развивать научно-технический базис для создания безотходных электротехнологий повсеместно: в энергетике, в химической технологии, металлургии, экстрактивной металлургии, муниципально-бытовом секторе и т.д. Распад СССР в 1991 г. и последовавшая за этим деградация науки на постсоветском пространстве остановила развитие НИОКР по использованию плазменного состояния вещества в технике и технологии, в том числе в ядерной индустрии. Оказались за государственными границами Российской Федерации развитые плазменные, высокочастотные и низкочастотные технологии: производства оксидного ядерного топлива (Казахстан), получения карбидных и боридных материалов (Грузия, Белоруссия), производства циркония и гафния (Украина) и др.

**Почему образуются отходы в существующих технологиях?** Проанализируем несколько технологий ЯТЦ, которые отличаются от неядерных технологий только наличием урана. Для начала рассмотрим металлургические процессы восстановления металлов (например, урана, циркония, гафния, титана, скандия) из аффинированного фторидного сырья. При восстановлении таких металлов получают металл и шлак. Более или менее типичный пример — металлургия урана. Металлический уран с различным содержанием изотопа урана-235 получают ступенчатым восстановлением урана из гексафторида урана, которое описывается в общем виде уравнениями:





Уран из дисперсного тетрафорида урана восстанавливают кальцием или магнием в сильноэкзотермическом процессе, который называют металлотермической плавкой. В ходе плавки получают конечный продукт — слиток металлического урана — и шлак — фториды кальция или магния, содержащие включения урана. При восстановлении 1 т урана из  $\text{UF}_4$  кальцием получается теоретически 0.655 т фторида кальция, при использовании в качестве восстановителя магния — 0.522 т фторида магния. При этом часть урана остаётся в шлаке в виде капельных включений. Такая же ситуация и в других странах с развитой атомной промышленностью. В результате на отвальных полях металлургических заводов некоторых стран, создававших ядерное оружие, накопились тысячи тонн таких шлаков.

При металлотермическом восстановлении других радиоактивных, редких и редкоземельных металлов из фторидного или хлоридного сырья также получается слиток металла и шлак, для переработки или утилизации которого необходимо создавать побочные технологии, а там тоже возникают те или иные отходы.

Теперь рассмотрим механизм возникновения отходов в химико-технологических процессах. Используем также типичный пример урановой технологии — извлечение урана в виде триуран-октаоксида из растворов нитрата уранила — реэкстрактов регенерированного или слабообогащённого по изотопу урана-235. В ходе обработки раствора нитрата уранила гидроксидом аммония осаждаются полиуранаты, в частности диуранат аммония, при этом возникает маточный раствор нитрата аммония. Далее осадок диураната аммония отделяют фильтрацией от маточного раствора нитрата аммония, сушат и прокаливают до выделения триуран-октаоксида. Маточный раствор нитрата аммония является отходом производства, для утилизации его необходимо очистить от остаточного урана. В своё время многократно разбавленный до предельно допустимой концентрации по урану маточный раствор сливали в проточные водоёмы, в дальнейшем отказались от этой операции и стали закачивать эти растворы в глубинные пласты, что тоже не решает проблему радикально. В процессах сушки и прокалки возникают газовые выхлопы, которые нужно чистить, удаляя технологическую пыль. Даже если рассматривать эту операцию применительно не к урану, а к какому-либо другому химическому элементу, всё равно нужно иметь в виду, что маточный раствор нельзя сбрасывать в открытую гидросеть, для утилизации его необходимо очистить от примесей. Все операции производства оксидных материалов, основанные на осаждении и последующих

гидрохимических операциях, наносят большой ущерб окружающей среде и названы академиком Б.Н. Ласкориним варварской операцией нейтрализации, при которой уничтожается основное сырьё химической промышленности — кислоты и щёлочи [6, с. 34].

Экстрактивная металлургия также даёт большое количество отходов. Около каждого горно-рудного предприятия находится город или посёлок, за которым возвышаются искусственные горы рудных отвалов, из них выделяются в окружающую среду химические элементы “разной степени полезности” для населения. Известны отвалы уран-содержащей руды около Роннебурга (Тюрингия) [8], рудные отвалы в Витватерсранде (ЮАР), в других странах, их много и в России. Одна из причин неполного извлечения металлов из руд — экономическая, определяемая рентабельностью таких работ, как операция отсечения, иногда нет комплексной технологии извлечения всех ценных компонентов. Другая причина — неполное извлечение ценного компонента из так называемых “упорных” руд, в которых кристаллическая решётка соединения извлекаемого компонента (чаще всего оксиды металлов) устойчива к действию выщелачивающих реагентов даже при повышенных температурах и давлениях. В последние десятилетия разработаны технологии, в которых перед выщелачиванием проводят предварительную операцию полного разрушения кристаллической решётки с использованием плазменной обработки.

**Опыт создания безотходных технологий.** Следует отметить, что строительство комплекса безотходных производств, основанных на новых технологических принципах и относящихся к новому технологическому укладу, требует миллиардных инвестиций и вряд ли под силу частному бизнесу, особенно маргинальному российскому. Только государство может реализовать такую программу. В качестве основного вектора развития она должна включать широкое освоение плазменного состояния вещества и разработку высоких технологий следующего поколения в рамках экономической модернизации страны. Основываясь на имеющемся опыте [9–11], первичными пунктами этой программы можно назвать:

- плазменную технологию получения дисперсных оксидных материалов для порошковой металлургии из аффинированного с применением жидкостной экстракции жидкого сырья (растворы, реэкстракты, расплавы и др.);
- комбинированную плазменную технологию в металлургии — плазменно-электромагнитное восстановление редких и радиоактивных металлов из летучего аффинированного фторидного сырья, производство легированных по мерке специальных сплавов, полную регенерацию фтора;

- высокочастотную электромагнитную технологию получения компактных высокотемпературных керамических материалов (карбиды, бориды, нитриды, карбидные, боридные и нитридные композиции) заданного химического и фазового состава (технология высокочастотный “холодный тигель”);

- низкочастотную электромагнитную технологию получения металлических материалов и сплавов (цирконий, гафний, редкоземельные металлы) заданного состава (технология низкочастотный “холодный тигель”);

- плазменно-сопловую технологию получения дисперсных металлических и керамических наноматериалов заданного гранулометрического, химического и фазового состава;

- плазменные технологии получения объёмных наноматериалов с помощью порошковой металлургии нового поколения, основанной на совмещённом прессовании и спекании под действием искровых разрядов на постоянном, переменном и высокочастотном токе;

- плазменные технологии в экстрактивной металлургии, включающие полное разрушение кристаллической решётки упорных руд перед электромагнитной и последующей гидрохимической обработкой;

- фторидно-лазерные технологии производства металлических и керамических изделий и микроизделий из фторидного сырья, выполненных по мере;

- безотходные комплексные плазменные технологии переработки муниципальных твёрдых отходов, включающие предварительную магнитную и электростатическую сепарацию отходов, производство синтез-газа (водород и монооксид углерода), попутное производство электроэнергии в газовых турбинах и тепловой энергии;

- плазменно-сорбционную технологию производства кремния в компактном и гранулированном виде для микроэлектроники из фторсилкатного сырья;

- развитие энергетического базиса плазменных, высокочастотных, микроволновых и лазерных технологий — разработку более мощных электродуговых плазмотронов на постоянном и переменном токе, радиочастотных и микроволновых плазмотронов, источников электропитания к ним, новых металлических электродных материалов.

Эти технологии мы предлагаем развивать, основываясь преимущественно на своём опыте, затрагивающем не только технологии ЯТЦ, но и родственные области промышленности, а также нанотехнологические применения. Если дать ход только этим направлениям, конечно, потребуются миллиардные инвестиции, однако в ближайшие пять-шесть лет эти затраты многократно оку-

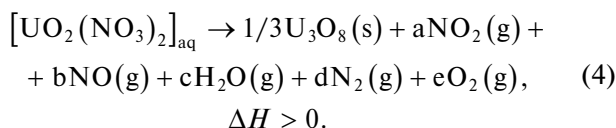
пятся, произойдёт качественный скачок в развитии науки, техники, промышленности. Одновременно появятся стимулы для развития высшей школы, возникнут социально востребованные специальности научного и промышленного профиля. Осуществление указанной программы и развитие перечисленных научно-технических направлений мы планируем сначала на предприятиях Сибирского и Уральского регионов (Томск, Новосибирск, Ангарск, Челябинск, Екатеринбург), которые менее, чем другие, подверглись разрушению во времена перестройки и сокрушительных реформ.

Ниже рассмотрены некоторые примеры разработки таких технологий, относящиеся, в частности, к металлургии, химической технологии, экстрактивной металлургии, порошковой металлургии, нанотехнологиям.

**Плазменная технология получения дисперсных оксидных материалов из аффинированного с применением экстракции жидкого сырья.** Эта плазменная технология первоначально разрабатывалась применительно к технологии получения оксидов регенерированного урана, в которой с внедрением экстракционного и сорбционного аффинажа в гидрометаллургию урана, плутония и других химических элементов исходным материалом для последующих химико-металлургических процессов производства чистых веществ стали растворы (реэкстракты, десорбаты). Поэтому отпала надобность в традиционных гидрохимических операциях осаждения и растворения и оказалось возможным “замкнуть” технологический маршрут “раствор—оксиды” с помощью операции разложения растворов, используя плазменную технику. При этом в конденсированной фазе получают дисперсные оксиды растворённого металла — урана, плутония, их композиций, циркония, а в газовой — кислотообразующие оксиды, в данном случае оксиды азота. Такое изменение технологического маршрута радикально уменьшает стоимость соответствующих стадий за счёт сокращения количества передельных операций, объёма ёмкостного оборудования, затрат химических реагентов, энерго- и трудозатрат.

Однако из комбинации сорбционно-экстракционного аффинажа и плазменной технологии возникло и новое с точки зрения экологии качество, потому что исчезли отходы [10, 11]. На брутто-схеме (рис. 1) видно, что в плазменном реакторе встречаются два потока — дезинтегрированного раствора и плазмы, химически совместимой с этим раствором. Оба потока перемешиваются в реакторе, при этом каждая капля раствора нагревается до кипения, из неё испаряется растворитель до образования солевого остатка, последний быстро нагревается до высокой температуры; одновременно с нагревом протекает разложение до образования оксида растворённого в растворе ме-

талла и газовой фазы, содержащей оксиды азота, водяной пар, азот и кислород. Сам процесс разложения нитратного раствора применительно к урану описывается в общем виде брутто-уравнением:



Назовём основные аппаратные элементы технологической схемы: 1) источник электропитания плазмотрона (выпрямитель с системой автоматического регулирования тока); 2) плазмотрон, в котором поток химически совместимого с раствором газа (в случае разложения нитратов — это воздух или его компоненты — азот, кислород — в зависимости от требуемой валентности выделяемого металла) превращается в поток технологической плазмы; при использовании воздуха в качестве плазменного теплоносителя можно, в некоторых случаях [12], совместить процесс разложения нитратного раствора на оксиды с расширенной регенерацией азотной кислоты; 3) плазменный реактор, где перемешиваются потоки плазмы и раствора и происходит разложение раствора по уравнению (4) (плазменный реактор — это охлаждаемое изделие, снабжённое, как правило, несколькими плазмотронами и одним или несколькими дезинтеграторами раствора); 4) сепаратор, в котором разделяют дисперсную и газовую фазы; после сепаратора возникают два материальных потока — дисперсного оксидного материала, являющегося целевым продуктом, и газовой фазы, содержащей оксиды азота, водяной пар, азот и кислород; 5) конденсатор-абсорбер: в конденсаторе производится принудительная конденсация водяного пара и частичная абсорбция оксидов азота, а в абсорбере — рекомбинация и образование побочного продукта — раствора азотной кислоты; в идеальном случае из установки должен выходить газовый выхлоп, содержащий азот и кислород, однако пока требуется озоновая доочистка выхлопа от оксидов азота до санитарных норм.

Химический состав оксидного материала, его физические свойства, степень регенерации азотной кислоты и прочие параметры определяются, в первую очередь, режимом обработки раствора в плазме и, во вторую очередь, режимом разделения дисперсной и газовой фаз. Побочный продукт процесса — раствор азотной кислоты — предназначен для экстракции урана из органической фазы в процессе экстракционного аффинажа урана.

Разработан и испытан пилотный завод мощностью 300 кВт и производительностью 30 кг U/ч, работающий по рассмотренной выше схеме (см. рис. 1). Разработан и промышленный плазменный завод мощностью 4 МВт для переработки

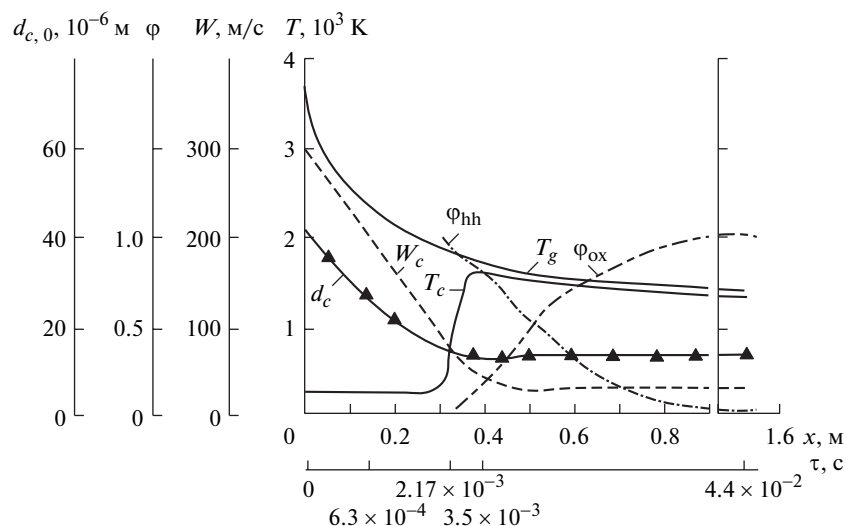


Рис. 1. Брутто-схема плазменного процесса разложения нитратных растворов урана на оксиды урана и азотную кислоту

резекстрактов урана на триуран-октаоксид и раствор азотной кислоты [10, 11].

Плазменная технология получения оксидов металлов из растворов нитратных солей хорошо моделируется. На рисунке 2 показано изменение основных параметров плазменного процесса разложения нитрата урана по пространственно-временной координате реактора: изменение температуры потока технологической плазмы  $T_g$ , температуры  $T_c$  и размеров  $d_c$  частиц дисперсной фазы, выхода  $\phi$  промежуточных и конечных продуктов, скорости  $W$  газовой и дисперсной фаз. С помощью разработанной методологии можно также определять на пространственно-временной координате реактора место выделения нужной кристаллической фазы.

Представленная плазменная технология в применении к химико-металлургическим процессам является физической технологией, поэтому она мало восприимчива к химической формуле сырья. Возможные вариации технологии относительно физико-химических свойств продукции определяются природой сырья: растворимостью и её температурным коэффициентом, устойчивостью оксидов и оксидных композиций, сертификатом на продукт и т.п. Эта технология практически в неизменном виде использована в неядерной области (Верх-Исетский металлургический завод) — для производства специальных сортов ок-



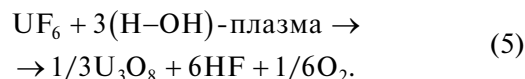
**Рис. 2.** Изменение основных параметров плазменного процесса разложения нитрата уранила по аксиальной координате плазменного реактора

$T_{g0} = 4000$  K;  $G_S = 0.015$  кг/с;  $\theta = 0.05$  кг U/кг раствора;  $w_{C0} = 300$  м/с;  $D_W = 0.1$  м;  $d_{C0} = 40$  мкм;  $\varphi_{hh}$ ,  $\varphi_{ox}$  — содержания гексагидрата нитрата уранила и оксида урана в капле соответственно;  $W_{ox}$  — скорость движения капель по аксиальной координате реактора

сида магния, используемых для нанесения функциональных покрытий на электротехническую сталь [11]. Позднее технология получила применение в крупномасштабных процессах переработки минерального сырья Кольского полуострова, совмещённых с расширенным воспроизводством азотной кислоты [12].

**Плазменно-ректификационная технология регенерации урана и фтора из отвального по изотопу урана-235 гексафторида урана.** За полувековой период производства ядерных материалов на разделительных заводах стран, имеющих атомную промышленность, накопилось более 2.1 млн. т отвального по изотопу урана-235 гексафторида урана с ежегодным приростом около 70 тыс. т [13]. В связи с этим возникли две проблемы — экологическая и экономическая. Экологическая проблема явилась следствием опасности хранения летучего радиоактивного фтористого продукта в стальных баллонах под открытым небом. Экономическая проблема определяется тем, что в этих отвалах «омертвлены» около 0.7 млн. т фтора и 1.4 млн. т урана. Разработана комбинированная плазменно-ректификационная технология конверсии отвального  $UF_6$ , она включает конверсию  $UF_6$  в водопаровой (Н—ОН)-плазме в триураноктаоксид  $U_3O_8$ , фтор утилизируют в виде концентрированного фторида водорода HF [11, 14]. Плазменный процесс комбинируют с ректификацией концентрированного HF, при этом получают безводный HF — сырьё для электролитического производства фтора. Плазменная конверсия отвального  $UF_6$  в плазме водяного пара — (Н—ОН)-плазме — при стехиометрическом или

близком к нему соотношении  $UF_6$  и (Н—ОН)-плазмы описывается брутто-уравнением:



Как видно из брутто-схемы плазменно-ректификационной технологии конверсии  $UF_6$  (рис. 3), в процессе не возникает отходов. Единственный побочный продукт — азотроп 40% HF — 60% Н—ОН, однако его можно использовать в смежном производстве в виде плавиковой кислоты или завернуть в плазменный реактор, для чего необходимо скорректировать расход (Н—ОН)-плазмы. Газовый выхлоп состоит преимущественно из кислорода — это редкий случай, когда выхлоп технологической установки приносит пользу окружающей среде.

Разработан и прошёл испытания пилотный завод [10, 11]. Его характеристики следующие: производительность — 0.15 т  $UF_6$ /ч, мощность реактора — 0.35 МВт, расход (Н—ОН)-плазмы — 0.0324 т/ч, температура потока плазмы — 4100 K, степень улавливания урановой пыли — 0.9999, энергозатраты на процесс — 1.7–1.9 кВт·ч/кг  $UF_6$ ; мольное соотношение реагентов — (Н—ОН)/ $UF_6$  — 3.4; концентрация HF в газовом потоке перед входом в конденсатор — 88.5%, на выходе из конденсатора — 95.4%; выход фтора в продукты — 98%. Поток (U—F—O—H)-плазмы генерировали смешением гексафторида урана с потоком (Н—ОН)-плазмы, получаемой электродуговым разрядом в водяном паре. При плазменной конверсии получают дисперсный триураноктаоксид, фтор выделяется в виде концентрированного

фторида водорода (85–95% HF), который направляют сначала в ректификационную колонну, откуда выходит безводный фторид водорода (99.99% HF); последний направляют в электролизёр для производства фтора.

В конструкцию водопарового дугового плазмотрона заложены дополнительные принципы: горячая стенка, конфузность канала, демпфирование потока водяного пара, диафрагма с отверстием между катодом и анодом, которая играет роль газодинамического экрана. Мощность имеющихся генераторов (Н–ОН)-плазмы достигает 1 МВт.

Плазменный процесс конверсии гексафторида урана на оксиды урана и плавиковую кислоту был использован для получения оксидного ядерного топлива для реакторов ВВЭР-1000 [11, 15]. На Ульяновском металлургическом заводе в конце 1980-х годов построен плазменный пилотный завод для конверсии обогащённого по изотопу урана-235 гексафторида урана (~5%) в оксиды урана и плавиковую кислоту. Перед распадом СССР была построена и промышленная установка [15]. Технология нашла применение в смежной области — для качественного уменьшения вредного влияния фтористоводородного производства на окружающую среду, для конверсии летучего фторида кремния, содержащегося в качестве примеси во фториде водорода, на дисперсный диоксид кремния и фторид водорода [11].

**Плазменно-сорбционная технология извлечения чистого кремния для микроэлектронных приложений и фторида водорода из фторсодержащих минералов.** Ещё одна комбинированная безотходная технология была разработана в начале 1990-х годов на лабораторном уровне применительно к производству кремния из фторидного сырья [16]. После распада СССР Россия потеряла сырьевую базу микроэлектроники — производство высокочистого поликристаллического кремния, оно осталось на Украине. Среди разнообразных подходов к воссозданию этой базы рассматривалось направление, основанное на использовании фторидного сырья, к которому, кроме плавикового шпата, относятся фторкремниевая кислота и кремнефториды. На предприятиях ЯТЦ, производящих фторид водорода, фтор улавливается из выхлопных газов в виде фторсиликата натрия —  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ . Этот продукт в виде отвала в большом количестве производят металлургические заводы.

Схема плазменно-сорбционной технологии производства кремния из фторсиликата натрия [16] показана на рисунке 4. В итоге первичной термической обработки  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  при  $T = 920 \text{ K}$  получают два продукта: летучий  $\text{SiF}_4$  и дисперсный NaF. Первая стадия процесса определяется уравнением:

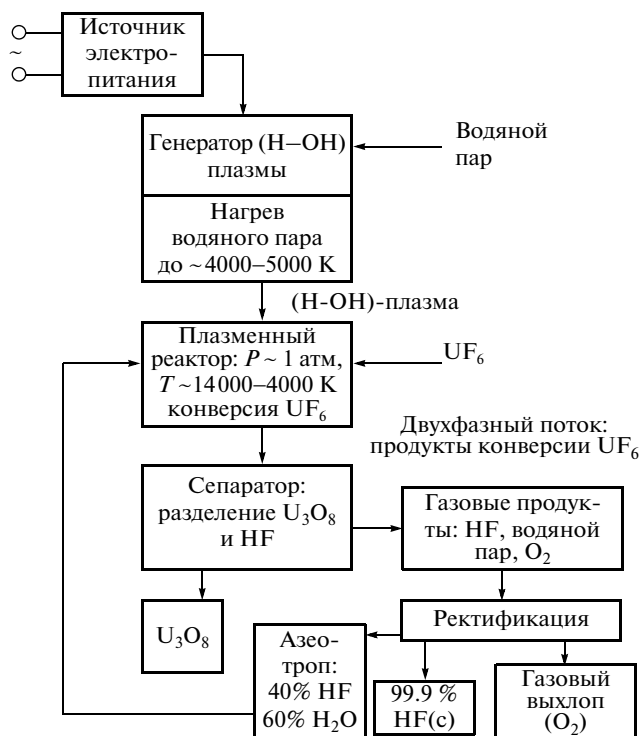
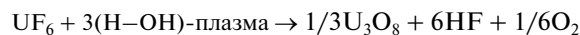


Рис. 3. Брутто-схема плазменно-ректификационной технологии переработки отвального гексафторида урана на оксиды урана и безводный фторид водорода

Тетрафторид кремния направляют на плазменно-водородную конверсию, в процессе которой его конвертируют во фторсиланы  $\text{SiF}_x\text{H}_{4-x}$ ; смесь по-

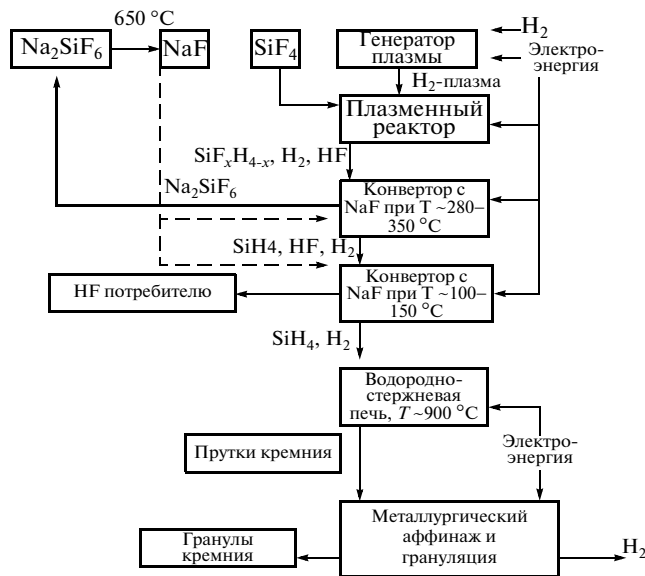
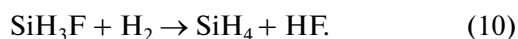
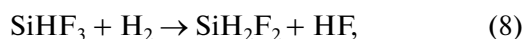
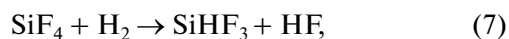
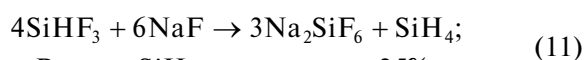


Рис. 4. Технологическая схема плазменно-сорбционного процесса конверсии фторсиликата натрия на кремний и фторид водорода

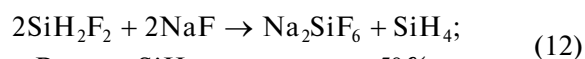
следних поступает в колонну со фторидом натрия, где происходит сорбционно-термическая конверсия фторсиланов на моносилан  $\text{SiH}_4$  и фторсиликат натрия. Эта операция, как показывают результаты экспериментов, характеризуется мощными аффинажными свойствами. Побочный продукт — фторсиликат натрия — возвращается в начало процесса. Процесс плазменно-водородной конверсии  $\text{SiF}_4$  описывается следующими уравнениями:



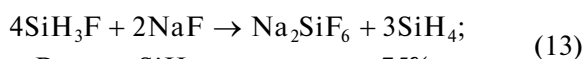
Процесс конверсии фторсиланов на фториде натрия можно представить уравнениями:



Выход  $\text{SiH}_4$  составляет 25%;



Выход  $\text{SiH}_4$  составляет 50%;



Выход  $\text{SiH}_4$  составляет 75%;



При пропускании смеси фторсиланов  $\text{SiF}_x\text{H}_{4-x}$  и фторида водорода через колонну, содержащую слой таблетированного фторида натрия, ёмкость сорбционной колонны довольно быстро уменьшается, поскольку одновременно с реакциями (11)–(13) протекает и сорбция фторида водорода по уравнению (14). Образующийся при этом бифторид натрия может конвертировать фторсиланы по уравнениям типа (для одного из фторсиланов —  $\text{SiH}_2\text{F}_2$ ):



Аналогичные паразитные реакции протекают при взаимодействии  $\text{NaF} \cdot \text{HF}$  и с другими фторсиланами, они уменьшают выход моносилана и производительность процесса, поэтому необходимо разделить во времени и в пространстве стадии сорбционной конверсии тетрафторида кремния и сорбции фторида водорода на фториде натрия.

Плазменно-сорбционную технологию конверсии  $\text{SiF}_4$  осуществляли в плазме микроволнового разряда на частоте 2400 МГц при давлении 150 торр [16]. Мольное соотношение  $\text{H}_2/\text{SiF}_4 = 5 : 1$ . Смесь  $\text{SiF}_4$  с водородом превращали в неравновесную плазму неконтрагированного микроволнового разряда, характеризующегося высокой электронной  $T_e$  и колебательной  $T_v$  температурами и сравнительно низкой температурой газа  $T_g$ , так что

$T_e > T_v > T_g$ . При этом  $T_e$  достигает величин около 8000–10000 К,  $T_v$  — около 4000 К, а температура газа  $T_g$ , в зависимости от давления, может быть в диапазоне 300–3000 К. Значительная часть водорода находится в виде атомов. Тетрафторид кремния при взаимодействии с водородом конвертируется преимущественно в смесь  $\text{SiF}_2\text{H}_2$  и  $\text{SiFH}_3$ . По данным масс-спектрометрического анализа, брутто-формула этой смеси фторсиланов —  $\text{SiF}_{2.2}\text{H}_{1.8}$ . Смесь фторсиланов с водородом направляли в теплообменник, где устанавливалась температура 400–600°C, и далее в сорбционные колонны, заполненные таблетированным фторидом натрия.

Температура в первой сорбционной колонне поддерживали в диапазоне 280–350°C. При этих температурах фторсиланы конвертируются в моносилан по уравнениям (11)–(13), одновременно подавляется конкурирующий процесс сорбции  $\text{HF}$  — уравнение (14). Время контакта фторсиланов с фторидом натрия в первой колонне составляет не менее 1 с. Затем смесь  $\text{SiH}_4$ ,  $\text{HF}$  и  $\text{H}_2$  направляют во вторую колонну с  $\text{NaF}$ , температура в которой поддерживается на уровне 100–150°C; при такой температуре происходит количественная сорбция фторида водорода. В результате из второй сорбционной колонны выходит смесь  $\text{SiH}_4$  и  $\text{H}_2$ , которую направляют в водородно-стержневую печь для получения компактного кремния.

Первую колонну с  $\text{NaF}$  после насыщения тетрафторидом кремния и образования  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  отключают от системы и переводят в режим регенерации: при температуре 550–600°C и пониженном давлении производят разложение получившегося  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ; при этом регенерируют  $\text{NaF}$  и освобождают неконвертированный  $\text{SiF}_4$  для последующего включения в цикл конверсии. Вторую колонну с  $\text{NaF}$ , в которой улавливают фторид водорода, после насыщения также отключают от системы и переводят в режим регенерации: нагревают до температуры 350–450°C при пониженном давлении. В этом случае протекает количественная десорбция  $\text{HF}$ .

Моносилан  $\text{SiH}_4$  разлагают в водородно-стержневой печи и получают прутки кремния. Поскольку в последующих операциях предпочтительно иметь гранулированный кремний, прутки кремния плавят в частотном электромагнитном поле с использованием оборудования типа “холодный тигель”. При плавлении происходит дополнительный аффинаж кремния. Расплав гранулируют или в центробежном поле, или в электрическом поле с использованием тигля с донным разливом. Аффинаж кремния и фторида водорода начинается уже при разложении  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ , при этом происходит выделение в газовую фазу промежуточного продукта  $\text{SiF}_4$ , а слаболетучие при-

меси сорбируются на фториде натрия. Тетрафторид кремния имел [16] такой химический состав:  $\text{SiF}_4$  — 99.99%,  $\text{H}_2\text{O}$  —  $5 \times 10^{-3}\%$ ,  $\text{HF}$  —  $3 \times 10^{-3}\%$ ,  $\text{CO}_2$  —  $10^{-3}\%$ ,  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  —  $5 \times 10^{-3}\%$ ,  $\text{CF}_4$  —  $2 \times 10^{-4}\%$ ,  $\text{SO}_2$  —  $10^{-3}\%$ . Следующие аффинажные операции фторсиланов протекали в сорбционных колоннах. Линейная скорость движения смеси  $\text{SiF}_{2.2}\text{H}_{1.8}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{H}_2$  через первую сорбционную колонну диаметром 0.2 м составляла около 7.05 м/с при расходе  $0.026 \text{ м}^3/\text{с}$ . Время контакта фторсилана с фторидом натрия не менее 1 с. Выход  $\text{SiH}_4$  составил 40.3% от теоретического. Оба газовых продукта выходили из сорбционной колонны, а примеси оставались на фториде натрия [16].

Количество примесей в  $\text{SiF}_{2.2}\text{H}_{1.8}$ , по данным масс-спектрометрического анализа, %: В —  $7 \times 10^{-5}$ , О —  $2 \times 10^{-4}$ , Na —  $8 \times 10^{-5}$ , F —  $9 \times 10^{-6}$ , S —  $4 \times 10^{-6}$ , Cl —  $4 \times 10^{-5}$ , K —  $2 \times 10^{-5}$ , Ca —  $3 \times 10^{-5}$ , Sc —  $2 \times 10^{-5}$ , Cr —  $6 \times 10^{-5}$ , P —  $9 \times 10^{-6}$ , Fe —  $5 \times 10^{-5}$ , Ni —  $3 \times 10^{-5}$ , Cu —  $9 \times 10^{-5}$ , Zr —  $6 \times 10^{-5}$ , As —  $4 \times 10^{-5}$ , Ag —  $5 \times 10^{-6}$ , Ba —  $2 \times 10^{-6}$ , Hf —  $5 \times 10^{-6}$ , W —  $9 \times 10^{-6}$ . Содержание ряда примесей (Fe, J, Cs, La, Pr, Na, Sm, Eu, Ca, Tb, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Re, Os, Yr, Pt, Au, Hg, Te, Bi, Th) меньше  $10^{-6}$ . Чистота моносилана, по данным масс-спектрометрических исследований, %: В —  $3 \times 10^{-6}$ , С —  $10^{-5}$ , О —  $2 \times 10^{-5}$ , P —  $5 \times 10^{-5}$ , S —  $3 \times 10^{-6}$ , Na —  $8 \times 10^{-5}$ , F —  $9 \times 10^{-6}$ , K —  $2 \times 10^{-6}$ , Ca —  $3 \times 10^{-6}$ , Ge —  $7 \times 10^{-5}$ , As —  $4 \times 10^{-5}$ , Sc —  $2 \times 10^{-6}$ , Zr —  $6 \times 10^{-6}$ , Sn —  $5 \times 10^{-6}$ . По остальным примесям содержание менее  $10^{-6}$ . Разработанная технология является практически безотходной. К сожалению, в 1992 г. разработку не удалось довести хотя бы до уровня пилотного завода, не удалось и повысить глубину конверсии  $\text{SiF}_4$  во фторсиланы. Однако в настоящее время это направление развивается на стенде частной компании “Solar-Si”, расположенном в НИЦ “Курчатовский институт”.

**Безотходные плазменно-металлургические процессы восстановления металлов.** Использование традиционной металлургии для восстановления металлов, как правило, сопровождается образованием шлака в качестве отхода — уравнивания (1)–(3), поэтому ликвидация одного отвала влечёт за собой образование другого. Проведены крупномасштабные НИОКР по бесшлаковому плазменно-карботермическому восстановлению урана непосредственно из оксидов ( $\text{U}_3\text{O}_8$  или  $\text{UO}_2$ ) [17, 18]. Реализация такого технологического маршрута значительно сокращает ЯТЦ. Плазменная технология карботермического восстановления урана из оксидного сырья включает обработку брикетированной шихты  $\text{U}_3\text{O}_8$  и углерода в шахтной плазменной печи, в нижней части которой находится плавильное устройство, куда введены электродуговые плазмотроны прямого

действия обратной полярности; катодом служит ванна расплава. Потоки плазмы расплавляют шихту, происходит восстановление урана; расплав из плавильного объёма стекает в кристаллизатор, где образуется слиток [17]. Мощность плазмотрона, применённого для карботермического восстановления урана из оксидного сырья, ~0.25 МВт. Восстановление урана протекает в течение нескольких минут, газовая фаза уходит через зазоры в брикетах в систему газоочистки.

При рафинировании чернового урана нельзя использовать электронно-лучевой переплав из-за сравнительно высокого газовыделения, поэтому для диапазона давлений  $100\text{--}10^{-1}$  Па разработана электронно-плазменная печь, основанная на применении вакуумного сильнооточного разряда с горячим плазменным полым катодом (ГППК) [18]. Основная статья энергобаланса ГППК в диапазоне среднего вакуума — это энергия, передаваемая аноду — заземлённой ванне металла, бомбардируемой потоком электронов. Между катодом и заземлённым анодом устанавливается разность потенциалов, возникает поток электронов, сформированный в виде пучка, извлечение которого ограничено диафрагмой. Начальная энергия электронов — 40–70 эВ, ток — 1000–1500 А, плотность тепловых потоков на поверхности металла ~ $10^3$  кВт/см<sup>2</sup>. На основе лучевого разряда с ГППК разработаны рафинировочные электронно-плазменные печи мощностью ~500 кВт, позволяющие переплавлять редкие металлы в вакууме при сравнительно высоких газовыделениях. Эта технология, хотя и является принципиально безотходной, не получила развития в 1970-х годах из-за технических трудностей: приходилось одновременно разрабатывать и карботермическую технологию, и металлургические плазмотроны, и источники электропитания, и рафинировочные электронно-лучевые печи. Вернуться к этому переделу можно было бы в настоящее время, однако в связи с прекращением производства плутония потребности в производстве металлического урана в ЯТЦ в нашей стране резко снизились, поэтому необходимо искать новые ядерные применения разработанной техники.

К принципиально безотходным металлургическим технологиям следует отнести плазменно-электромагнитную технологию восстановления *d*- и *f*-металлов из летучего фторидного сырья (U, W, Mo, Tc, Nb, Ta и многие другие) [19, 20]. Сначала с помощью индукционного безэлектродного разряда получают потоки металл-фторной плазмы, в которой металл полностью ионизован, а фтор содержится в виде атомов. Затем плазму разгоняют в газодинамическом сопле, выводят сверхзвуковой поток в магнитный сепаратор, удерживают ионы металла по центру сепаратора и откачивают фтор сухими насосами. В нижней ча-



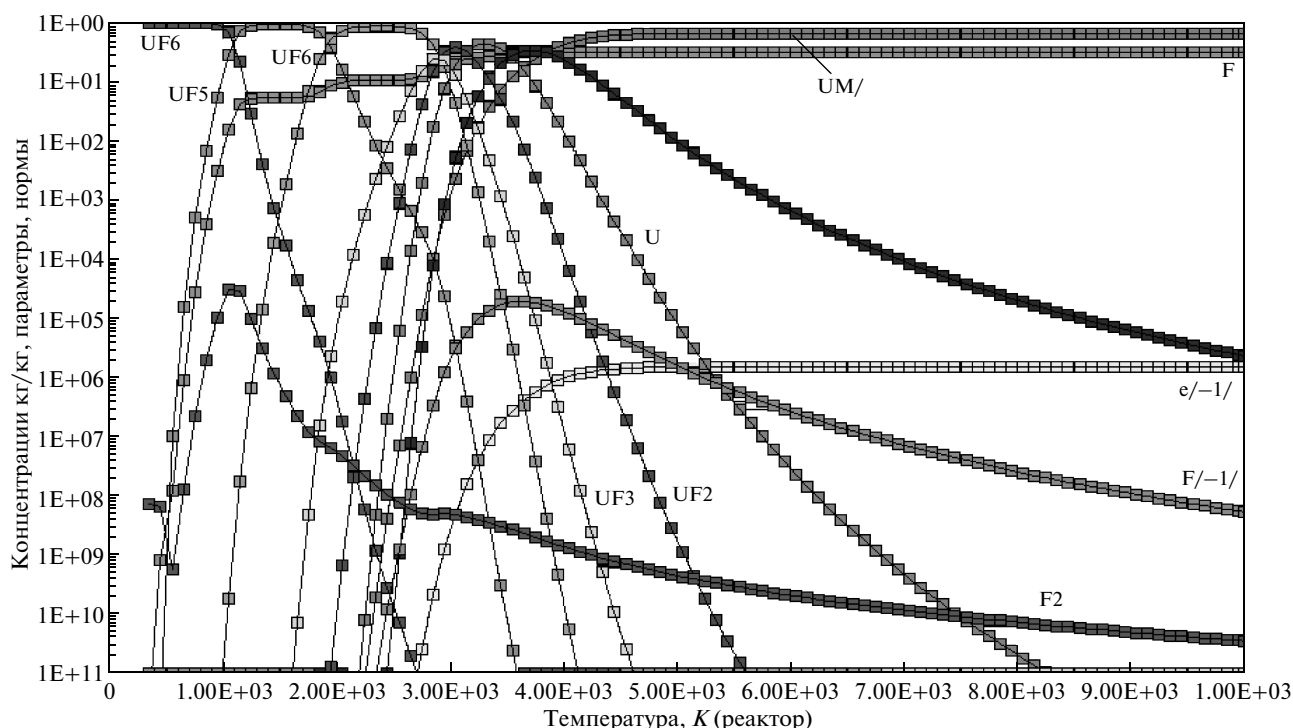


Рис. 5. Состав равновесной уран-фторной плазмы при давлении  $P = 1.013 \times 10^3$  Па

сти магнитного сепаратора улавливают расплав металла, используя технологию “холодный тигель”.

Схема пилотного завода, работающего по плазменно-электромагнитной технологии конверсии отвалного по изотопу урана-235 гексафторида урана на компактный металлический уран и элементный фтор, подробно рассмотрена в [10, 11]. Производительность пилотного завода составляла 76 кг  $UF_6$ /ч, получали 51.4 кг U/ч; при этом возникал поток фтора 24.6 кг/ч, который откачивали из магнитного сепаратора сухими насосами. Безотходная плазменно-электромагнитная технология может иметь широкую сферу применения для восстановления *d*- и *f*-металлов из летучего фторидного сырья (U, W, Mo, Tc, Nb, Ta и многие другие).

Первичный анализ применимости этой технологии проводится с помощью термодинамической диаграммы “состав–температура”. Пример такой диаграммы, рассчитанной для регенерации урана и фтора из гексафторида урана, показан на рисунке 5. В этих расчётах введён только однократно ионизованный уран, поэтому температурная зависимость концентрации однократно ионизованного урана  $U^+$  не имеет точки перегиба. При давлении 1 атм максимумы концентрации атомов урана и ионов  $U^+$  соответствуют значениям температуры 6200 К и ~9000 К. При понижении давления они смещаются в сторону более низких температур: при 0.1 атм — к значениям температу-

ры 5400 К и 7200 К соответственно, при 0.01 атм эти максимумы достигаются при 4200 и 5200 К.

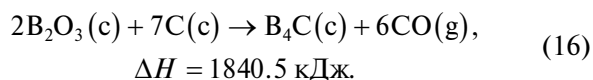
Устойчивость электрических разрядов в гексафториде урана определяется соотношением концентраций электронов и тяжёлых отрицательных ионов  $UF_5^-$ . При давлении 1 атм и температуре 9000 К концентрация ионов  $UF_5^-$  примерно на два порядка превышает концентрацию электронов, поэтому электропроводность (U–F)-плазмы сравнительно низка, и индукционный радиочастотный разряд в гексафториде урана возбудить не удаётся. При давлении 0.001 атм и температуре 8000 К концентрация электронов больше концентрации  $UF_5^-$  более чем на два порядка, электропроводность (U–F)-плазмы повышается настолько, что с помощью радиочастотного индукционного разряда можно получать её устойчивые потоки.

**Технологии “холодный тигель” — частотные электромагнитные технологии получения компактных керамических и металлических материалов заданного химического и фазового состава.** Одна из электротермических технологий — высокочастотный электромагнитный синтез бескислородных керамических материалов в компактном виде из шихтового сырья по технологии “холодный тигель” [21–23]. В ЯТЦ используют бескислородные керамические материалы, главным образом карбиды и бориды: карбиды бора, урана, плутония, хрома, вольфрама, бориды циркония, титана

и др. Высокочастотную технику применили для синтеза этих материалов в варианте прямого индукционного нагрева шихты кислородсодержащих соединений с углеродом в прозрачном для электромагнитного излучения водоохлаждаемом металлодиэлектрическом реакторе, аналогичном по принципу действия высокочастотному индукционному плазматрону. Особенности синтеза: высокий выход продуктов (близкий к теоретическому), однородный химический и фазовый состав, чистота по примесям, практически полное отсутствие отходов.

Электротехнологическая схема пилотного завода показана на рисунке 6. Источник электропитания — высокочастотный генератор, имеющий индуктивную связь с нагрузкой. В индукторе 6 находится металлодиэлектрический реактор 5, прозрачный для потока электромагнитной энергии. Над реактором расположены загрузочный бункер 2 и поршень 3, нагнетающий в реактор шихту. Если проводимость шихты достаточна для прямого индукционного нагрева (если недостаточна, её стимулируют), то при включении генератора начинается прямой индукционный нагрев и химическое взаимодействие. Температура в реакторе 2000–2500 К. Синтезированный продукт движется вниз, открывает клапан 8 и выходит в приёмный бункер в виде болванки, которую измельчают в устройстве 10 и перегружают через клапаны 9, 11, 13, 14 и заслонки 12, 15 в транспортный контейнер. Проникновение высокочастотного поля в шихту борного ангидрида и углерода для синтеза карбида бора характеризуется величиной  $\delta$ , определяемой как глубина, на которой плотность тока в  $e$  раз меньше, чем плотность тока на поверхности. Нижний и верхний пределы частоты  $f$  определяются соотношениями:  $f > 3 \times 10^6 \rho / (\mu d^2)$ ,  $f < 6 \times 10^6 \rho / (\mu d^2)$ , где  $\rho$ ,  $\mu$  и  $d$  — удельное сопротивление, магнитная проницаемость и диаметр нагрузки соответственно.

Синтез карбида бора из шихты борного ангидрида и углерода стехиометрического состава описывается уравнением сильноэндотермической реакции:



Прямой выход материала — 93–97%, 3–7% материала остаются на стенках реактора в виде “авотигля”, возвращаемого в процесс, так что отходов практически не получается. Распределение температуры равномерное или имеет небольшой провал в центре, если электромагнитное поле не проникает до центра загрузки.

Об отсутствии отходов в представленной технологии косвенно свидетельствуют фотографии болванок карбида бора, полученных в одной из установок “Плутон”. На рисунке 7 сверху — бол-

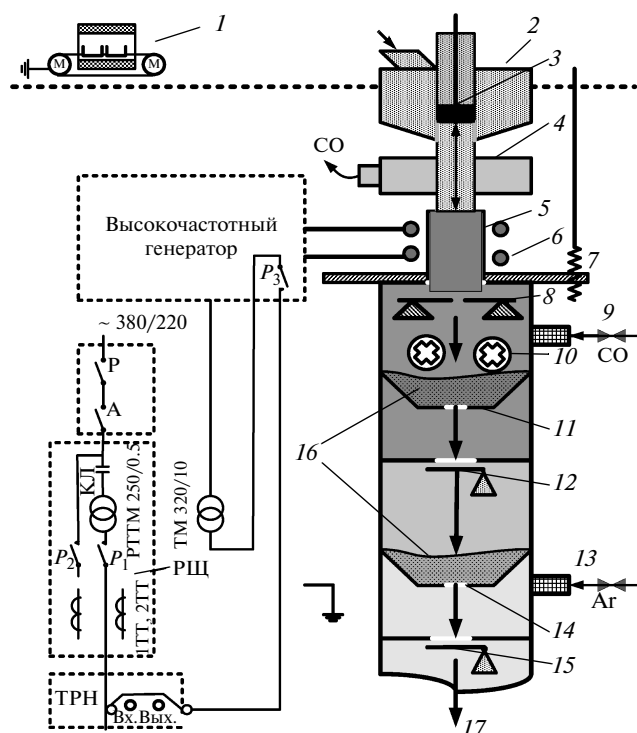


Рис. 6. Электротехнологическая схема установки синтеза тугоплавких керамических материалов

1 — печь подготовки шихты; 2 — бункер; 3 — поршень; 4 — скруббер; 5 — реактор; 6 — индуктор ВЧ-генератора; 7 — рама; 8, 9, 11, 13, 14 — клапаны; 10 — измельчитель; 12, 15 — заслонки; КВГ-160 — ВЧ-генератор; Р, Р<sub>1</sub>, Р<sub>2</sub>, Р<sub>3</sub> — рубильники, РТТМ — автотрансформатор, РЩ — распределительный щит, ТРН — регулятор напряжения, ТМ — силовой трансформатор, ТТ — трансформатор тока; КЛ — клеммы

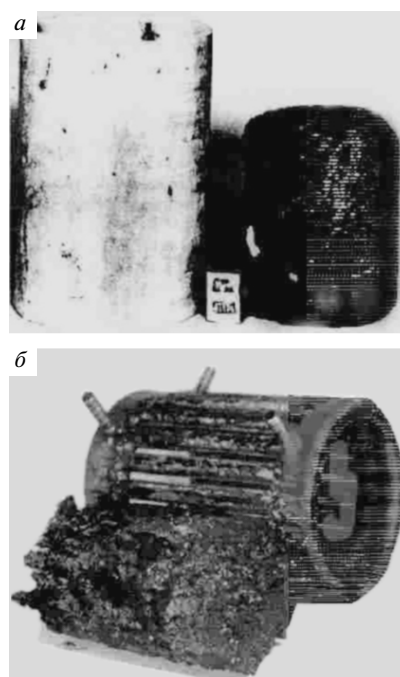


Рис. 7. Болванки карбида бора, полученного прямым индукционным нагревом шихты борного ангидрида и углерода в реакторе из диэлектрического материала (а) и в металлодиэлектрическом реакторе (б). Рядом реакторы, в которых получены болванки

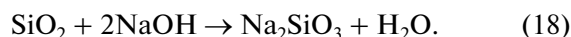
ванка карбида бора, синтезированного в реакторе из диэлектрического материала и самого реактора. Вес болванки 4.15 кг, на её получение было израсходовано 16.6 кг шихты. Основную часть болванки (по объёму) составляет карбид бора, имеющий почти теоретическое содержание бора — 78.2%. Пристеночный слой болванки — это “автотигель” толщиной 2–4 мм, состоящий из полупрореагировавшей шихты. На рисунке 7 внизу показана болванка карбида бора, синтезированного в так называемом металлодиэлектрическом реакторе, и сам реактор. Последний представляет собой медный водоохлаждаемый цилиндр с разрезами по образующей, герметично закрытыми вставками из высокотемпературного диэлектрического материала. Разработанная техника использована для синтеза карбидов кремния, титана, циркония, ниобия, лантана, скандия, боридов титана и циркония [11].

Принципы высокочастотного синтеза бескислородных керамических материалов использованы в модифицированном виде в металлургии для восстановления редких и редкоземельных металлов из фторидного сырья — Zr, Hf, Sc, Gd [10, 11]. Частотная технология восстановления освоена в связи с разработкой экстракционно-фторидной схемы производства циркония. Восстановление циркония из тетрафторида циркония осуществлялось при прямом индукционном нагреве шихты  $ZrF_4 + 2Ca$ . Эта технология была затем применена для производства других редких и редкоземельных элементов. Электросопротивление металлов на много порядков меньше, чем сопротивление бескислородных керамических материалов, поэтому частота источника электропитания металлургического реактора значительно ниже — от единиц до десятков килогерц. Разработано промышленное оборудование для восстановления редких металлов, в частности промышленный металлургический “холодный тигель” [10–11]. Мощность источника электропитания 2 МВт, частота тока 2.4 кГц, объём реактора 0.6 м<sup>3</sup>. После распада СССР эта технология, разработанная во ВНИИ химической технологии в Москве, осталась на Украине.

**Плазменная техника и технология в процессах вскрытия рудных концентратов.** Генераторы технологической плазмы уже нашли применение в экстрактивной металлургии ряда конструкционных металлов ЯТЦ (цирконий, молибден, вольфрам, никель и др.) для плазменной обработки концентратов, при которой полностью разрушаются кристаллические решётки минералов, так что при выщелачивании или электромагнитном обогащении рудного материала можно добиться практически полного выхода извлекаемого элемента [10, 11]. Это производство нечувствительно к известному недостатку электродуговых плазмотронов — эрозии электродов, поскольку эрозия не-

лика, а за процессами вскрытия следуют аффинажные процессы. В одном плазменном реакторе можно сосредоточить электрическую мощность до 20 МВт. Энергозатраты на плазменное вскрытие руд составляют 1–2 кВт · ч/кг, поэтому производительность завода по руде, содержащей даже один плазменный реактор, находится на уровне 9–18 т/ч.

Примером успешного использования плазменной технологии служит процесс, разработанный американской фирмой Ionarc Smelters [24]. Речь идёт о комплексной переработке минерала циркона  $ZrSiO_4$ , который является двойным оксидом  $ZrO_2 \cdot SiO_2$ . Этот минерал содержит 45.6% Zr. Комплексность технологии заключается в том, что утилизируются оба компонента руды — цирконий и кремний — и не возникает отходов. При температурах 1949–1960 К  $ZrSiO_4$  диссоциирует на  $ZrO_2$  и  $SiO_2$  (кристобалит), при 2050 К образуются диоксид циркония и богатая  $SiO_2$  жидкая фаза. Плазменно-гидрохимическая технология Ionarc Smelters начинается сразу с термического разложения циркона и описывается в общем виде двумя брутто-уравнениями:



Продукты разложения транспортируют в раствор гидроксида натрия, при этом диоксид кремния реагирует с гидроксидом натрия с образованием силиката натрия. Цирконовый песок питателем подают в электродуговой разряд, который горит между водоохлаждаемым вольфрамовым катодом и расходоуемыми графитовыми анодами. Аноды находятся в горизонтальной плоскости ниже катода. Циркон транспортируется с помощью пневмотранспорта через шесть портов, симметрично расположенных вокруг катода. По выходе из плазменного реактора смесь оксидов циркония и кремния поступает в первую ступень гидрохимического реактора, заполненного 50%-ным раствором NaOH. Эта операция одновременно является и закаливающей: при быстром охлаждении продуктов предотвращается рекомбинация минерала. После первой ступени выщелачивания осадок, содержащий примерно 90%  $ZrO_2$ , поступает на вторую ступень выщелачивания. Скорость выщелачивания  $SiO_2$  высока, поскольку этот оксид получается в аморфной форме, в то время как  $ZrO_2$  — в кристаллической. Затем взвесь  $ZrO_2$  в растворе  $Na_2SiO_3$  поступает в центрифугу, где твёрдую фазу отделяют от жидкости. На второй стадии происходит окончательное выщелачивание диоксида кремния, после чего раствор NaOH, частично использованный на этой стадии, направляют на первую стадию. Раствор силиката натрия очищается на фильтре. Частицы твёрдой фазы, выделенные после отделе-

ния от раствора силиката натрия, содержат до 99%  $ZrO_2$ . Энергозатраты в процессе Ionarc Smelters составляют  $\sim 1.3$  кВт · ч/кг циркона. По данным авторов этого процесса [24], им удалось преодолеть технические проблемы и создать крупномасштабное производство. В 1971 г. производительность опытной установки мощностью 350 кВт по циркону составила 45.4 т/г, в 1972 г. мощность установки достигла 1000 кВт, а производительность увеличилась в 10 раз; позднее фирма планировала построить промышленные установки производительностью 4500 т/г.

Для разложения циркона и утилизации его компонентов в Национальной физической лаборатории Великобритании разработан уникальный плазменный реактор, в котором графитовые электроды заменены плазменными [25].

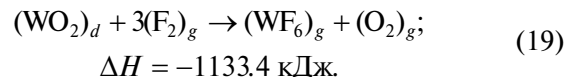
Другой пример — плазменный процесс комплексной переработки минерала серпентина, осуществлённый на лабораторном уровне [26]. Серпентин — это никельсодержащий (около 0.25% Ni) минерал общей формулы  $(Mg_xFe_yNi_z)Si_2O_5(OH)_4$ . При струйно-плазменной обработке минерала значительная часть продуктов разложения серпентина выделяется в виде шпинели —  $MO(Fe_2O_3)$ , где М — в основном двухвалентное железо, а также никель. Эта фаза — магнитная, и её отделяют от других продуктов методом магнитной сепарации, после чего содержание в ней никеля повышается на один-два порядка. Применение магнитной сепарации для концентрирования никеля и железа сокращает нагрузку на гидрохимическую технологию выделения и концентрирования никеля. При этом магний остаётся в немагнитной фазе, и его отделяют от кремния с использованием чисто гидрохимических операций.

Применительно к рассматриваемой проблеме следует упомянуть ещё один безотходный плазменный процесс такого рода — промышленное производство дисперсного вольфрама из гидрометаллургического сырья — паровольфрамата аммония  $(NH_4)_2O \cdot 12WO_3 \cdot 5HON$  [27].

**Проект комплексного производства материалов и изделий нанотехнологии и микрометаллургии на основе комбинации газотермических, плазменных и лазерных технологий.** Быстрый прорыв в получении и использовании наноматериалов можно осуществить в первую очередь применительно к вольфрамовым, молибденовым и ренийевым наноматериалам из фторидного сырья на предприятиях Росатома, где имеется инфраструктура для поддержки нанотехнологических и микрометаллургических проектов [9–11].

На рисунке 8 схематически представлен проект развития технологии наноматериалов, основанный на использовании фторидной, плазменной, лазерной и лазерной технологий. Элементы 1–8 дают картину основных стадий

фторидной технологии применительно к вольфраму, однако эти элементы типовые и для остальных металлов, образующих летучее фторидное сырьё — гексафториды, получаемые в плазменном реакторе “сжиганием” дисперсных оксидов во фторе. Применительно к оксиду вольфрама процесс описывается уравнением сильноэкзотермической реакции:



Оксиды вольфрама поставляются аффинажным заводом 1, фтор производится на месте в электролизёре 2, подпитываемом фторидом водорода. Потоки оксида вольфрама и фтора направляются в плазменный реактор 6 через расходомеры 5 и 3 соответственно. Гексафторид вольфрама, синтезированный в плазменном реакторе, очищают от примесей в ректификационной колонне 7 или в сорбционной колонне на твёрдых сорбентах. Для упрощения схемы ряд элементов фторидной технологии не показан (металлокерамические фильтры, сборник отходов, конденсатор и испаритель  $WF_6$ , шлюз между технологиями и др.).

Гексафторид вольфрама — сырьё для производства дисперсных наноматериалов, предназначенных далее для производства изделий порошковой металлургии и микрометаллургии. В центре и правой части рисунка 8 показаны элементы плазменной технологии производства нанодисперсного вольфрама (или карбида вольфрама) и последующего производства компактных изделий по технологии SPS (Spark Plasma Sintering) [11]. Водород для восстановления вольфрама из  $WF_6$  производят на месте в электролизёре 13. Газообразный углеводород для получения карбида вольфрама целесообразно подавать из стандартного баллона 10. Потоки  $WF_6$  и водорода направляют через расходомеры 9 и 12 в плазменный реактор 14 с источником электропитания 15. Из реактора выходит поток вольфрама и фторида водорода, который далее пропускают через газодинамическое сопло 16, с тем чтобы сконденсировать частицы вольфрама или карбида вольфрама. Далее двухфазный поток пропускают в ситовом режиме через металлокерамический фильтр 17, выполненный из анизотропной металлокерамики и снабжённый эжекционно-импульсной регенерацией фильтрующей поверхности [28]. Из металлокерамического фильтра выходят два потока — нанодисперсного вольфрама (или карбида вольфрама), который направляют в коллектор 18 и далее на операцию изготовления изделий по технологии SPS, и газообразного фторида водорода, который, после очистки, направляют в начало технологической схемы — в электролизёр 2 для производства фтора. Ряд элементов этой техно-



экологических проблем и полностью соответствует задачам нанотехнологии. Промышленность ядерного топливного цикла располагает большим набором коррозионно-стойких конструкционных материалов для работы в атмосфере фтора, фторида водорода и гексафторидов металлов, поэтому для разработки перечисленных выше нанотехнологий других проблем не предвидится.

\* \* \*

Приведённые в статье примеры создания безотходных технологических маршрутов для производств нового технологического уклада, детально рассмотрены в монографиях [10, 11]. Некоторые из этих разработок будут использованы при модернизации химико-металлургических предприятий нашей страны.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Глазьев С. Модернизация без мифов. Российская Федерация сегодня: Экономика // Точка зрения. 2013. № 8.
2. Euroatom/UKAEA Association: Fusion Research, 2003-2004 Progress Report. Culham, Oxfordshire, UK, June 2004.
3. Велихов Е.П., Смирнов В.П. Состояние исследований и перспективы термоядерной энергетики // Вестник РАН. 2006. № 5.
4. Ильяев Р.И., Гаранин С.Г. Исследование проблем термоядерного синтеза на мощных лазерных установках // Вестник РАН. 2006. № 6.
5. Туманов Ю.Н. Новые электротехнологии для химико-металлургических процессов получения неорганических материалов // Вестник РАН. 2009. № 12.
6. Ласкорин Б.Н. Создание технологических процессов, исключающих вредное воздействие промышленности на биосферу // Вестник АН СССР. 1973. № 9.
7. Туманов Ю.Н. Плазменные технологии в формировании нового облика промышленного производства // Вестник РАН. 2006. № 6.
8. Henze G., Weiss D. Radiological Impact on the Environment due to Mining and Milling Uranium Bearing Hard Coal // Central Germany Proc. Intern. Symp., D: Environ. Radioact. Releases. Vienna, 8–12 May 1995.
9. Туманов Ю.Н. Новые электротехнологии для химико-металлургических процессов получения неорганических материалов // Новые промышленные технологии. 2008. № 6.
10. Toumanov I.N. Plasma and High Frequency Processes for Obtaining and Processing Materials in the Nuclear Fuel Cycle". 2<sup>nd</sup> Ed. N.Y.: Nova Science Publishers. 2009.
11. Туманов Ю.Н. Плазменные, высокочастотные, микроволновые и лазерные технологии в химико-металлургических процессах. М.: Физматлит, 2010.
12. Зыричев Н.А. Научно-технические основы и разработка новых направлений использования плазмы химии в процессах комплексной переработки минерального сырья и промышленных отходов. Докторская диссертация, АО ГИАП, 1998.
13. Линдхольм И. Обеднённый уран из обогащённого — ценный источник или отвал, подлежащий захоронению? Семинар по урановому топливу, МАГАТЭ, Вена, 1998.
14. Коробцев В.П., Хохлов В.А., Сигаило В.Д., Туманов Ю.Н. Способ переработки гексафторида урана. Патент РФ № 2090510 от 26.08.91 // Б.И. № 29. 20.09.1997.
15. International Conference on Application of Atomic Energy in Republic of Kazakhstan. Conference Proceedings. Alma-Ata, Kazakhstan, 1996.
16. Скороваров Д.И., Туманов Ю.Н., Серёгин М.Б. и др. Способ получения моносилана. Патент РФ № 2050320, 1995.
17. Toumanov I.N., Nosikov A.V., Krouchinin A.M. et al. Plasma Metallurgy of Uranium: 1. Carbo-thermic Reduction of Uranium from Oxide Raw Material // 15 International Symposium on Plasma Chemistry, July, 9–13, 2001, France, Orleans. Symposium Proceedings, V. VIII.
18. Toumanov I.N., Nosikov A.V., Krouchinin A.M. et al. Plasma Metallurgy of Uranium: 2. Plasma-Electron Refining of Carbothermal Uranium // 15 International Symposium on Plasma Chemistry, July, 9–13, 2001, France, Orleans. Symposium Proceedings. V. VIII.
19. Туманов Ю.Н., Григорьев Г.Ю., Туманов Д.Ю. Устройство для переработки гексафторида урана. Патент РФ на полезную модель № 110375, 26.05.2011 // Б.И. № 32.
20. Туманов Ю.Н., Григорьев Г.Ю., Туманов Д.Ю. Способ и устройство для переработки гексафторида урана. Патент РФ № 2453620, 20.06.2012 // Б.И. № 17.
21. Toumanov I.N., Dobrovolsky V.I., Sorkin I.B. et al. Procédé de Production de Carbures et Installation pour la Mise en Œuvre de ce Procédé. France Invention № 2350301, 1978.
22. Toumanov I.N., Dobrovolsky V.I., Sorkin I.B. et al. Apparatus for Preparing Carbides. US Patent № 4221762 from 09.09.1980.
23. Toumanov I.N., Dobrovolsky V.I., Sorkin I.B. et al. Method of Preparing Carbides and Apparatus for Carrying out the Method. British Patent N 1521384 from 29.11.1978.
24. The Ionarc Process // Arc Plasma Processes / A Maturing Technology in Industry, UIE Arc Plasma Review. 1988. Chapter 27.
25. Bayliss R.K., Bryant J.W., Sayce I.G. Plasma Dissociation of Zircon Sands. 3-me Symposium International de Chimie des Plasmas. IUPAC Communications. V. 3. Rapport S.5.2. Université de Limoges, France, Limoges, 13–19 Juillet, 1977.
26. Meubus P. The Use of Radio Frequency Induction Plasma for Nickel Extraction from Serpentine Minerals // Canad. J. Chem. Engin. 1973. V. 51. N 4.
27. Цветков Ю.В., Панфилов С.А. Низкотемпературная плазма в процессах восстановления. М.: Наука, 1980.
28. Toumanov I.N., Trotsenko N.M., Zagnit'ko A.V., Galkin A.V. Extraction of Submicron Products of Plasma Chemical Processes from Process Gases // 13 Int. Symp. Plasma Chemistry. Beijing, China. Aug. 18–22, 1997. V. 4.
29. Туманов Ю.Н., Григорьев Г.Ю., Ковальчук М.В. и др. Способ изготовления эмиттеров электронов и устройство для его осуществления. Патент РФ № 2447537, 30.11.2012 // Б.И. № 10.

DOI: 10.7868/S086958731404015X

В краткосрочной и среднесрочной перспективе добыча золота и меди в вулканических поясах Средиземноморского бассейна Тетиса, так же, как и в Тихоокеанском рудном поясе, будет расти на фоне положительной динамики мировых цен на эти металлы, оживления финансирования поисковых работ, крупных инвестиций в строительство новых рудников. Всё большее внимание горнодобывающих компаний привлекают страны, где открыты, разведаны и подготовлены к отработке несколько крупных месторождений, вводу в строй которых препятствует только экологический фактор. Общий потенциал добычи золота и меди в вулканических поясах Тетиса может в ближайшие годы увеличиться в 1.5–2 раза.

## МИНЕРАЛЬНОЕ БОГАТСТВО ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ ТЕТИСА

А.В. Волков, А.А. Сидоров

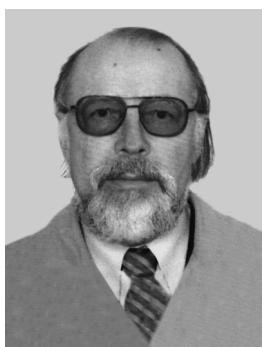
Палеоокеан Тетис располагался в мезозойскую эру между южной континентальной окраиной Евразии с одной стороны и Афро-Арабской и Индийской плитами с другой (рис. 1). Термин “Тетис”, введенный австрийским геологом-энциклопедистом Э. Зюссом, стали использовать в литературе с конца XIX в. Вулканические пояса Тетиса известны своим минеральным богатством ещё с VI тысячелетия до н.э. Запасы знаменитого “Золотого четырёхугольника” в Румынии (Байе де Ариес, Брад, Сакаремб, Златна), эксплуатирующиеся с тех времён, не истощились до сих пор. Только римляне добыли здесь около 150 т золота [1]. Кроме того, в пределах Тетиса выявлены многочисленные мирового класса месторождения медно-порфирового и колчеданно-полиметалли-

ческого типов, сопровождающиеся скарновыми и жильными эпитермальными полиметаллическими и золотосеребряными сателлитами. Эти месторождения обеспечивают добычу более 300 тыс. т меди и 50 т золота в европейской части Тетиса. Совсем недавно на территории Турции были обнаружены два крупных месторождения золота — Коплер и Оксут. В азиатской части Тетиса во второй половине прошлого века были открыты и разведаны более двух десятков крупных золотосодержащих медно-порфировых месторождений в Иране, Пакистане и на Тибетском плато в Западной Китае.

Таким образом, Тетический Евро-Азиатский металлогенический пояс (ТЕМП) — одна из важнейших глобальных металлогенических структур, сформировавшаяся в течение мезозойского и раннекайнозойского периодов на месте древнего палеоокеана и протянувшаяся на 13 тыс. км от Западного Средиземноморья вдоль Альп и Юго-Восточной Европы через Малый Кавказ, Гиндукуш, Тибетское плато до Мьянмы, Вьетнама и Северо-Западной Индонезии, соединяясь там с западной частью Тихоокеанского металлогенического пояса (см. рис. 1). Сокращённое название ТЕМП впервые было предложено югославским геологом профессором С. Янковичем [2].

В составе ТЕМП можно выделить четыре основных сегмента: Средиземноморский, Южно-Азиатский, Тибетский и Индонезийский. Ряд регионов России, Украины, Казахстана, Узбекистана, вся территория Грузии, Армении, Азербайджана, Туркмении и большая часть Таджикистана расположены в его пределах.

Главная цель настоящей статьи — показать, что горнодобывающая промышленность, несмотря на экологические проблемы, имеет значительные перспективы развития не только в развивающихся-



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, главный научный сотрудник. tma2105@mail.ru; kolya@igem.ru



Рис. 1. Главные золото-медные рудные районы ТЕМПа

ся странах Центральной Азии и Кавказа, но и в Средиземноморье Европы.

### КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

В Средиземноморском сегменте ТЕМПа добыча золота и меди из вулканогенных месторождений имеет давнюю (вероятно, более 6 тыс. лет) историю. Древнейшие золотые артефакты найдены на территории Европы в Варненском некрополе (Болгария), который был сооружён в 4700–4200 гг. до н.э. Большинство античных золотых изделий, раскопанных в Восточной Европе, датируются II тысячелетием до н.э., особенно много их обнаружено на территории Греции, Румынии и Испании — древних центров золотодобычи. В этот период золото и медь добывали практически на всём протяжении ТЕМПа.

Благодаря Гомеру на весь мир прославилось “золотое руно” Колхиды, древнего государства на берегах Чёрного моря. Добычей меди и золота активно занимались шумеры, персы, а позднее — в Римской и Византийской империях. Во времена Римской империи в Трансильвании, Банате, Олтенции и Добрудже велась добыча окисленной и сульфидной медной руды. В результате Второй

Пунической войны с Карфагеном (218–202 гг. до н.э.) Рим получил доступ к золотоносным районам Испании и начал разрабатывать рудное золото и россыпи в Пиренеях. Одной из причин завоевания Римом Дакии (Румыния) в I в. н.э. были богатейшие месторождения золота и серебра в Апусенских горах, в районе, названном в Средние века “Золотым четырёхугольником”. Здесь римляне добывали золото из россыпей по долинам рек Арьеш, Муреш, Жиу и др., разрабатывали коренные месторождения в областях Бана и Бая-Маре, где действовал монетный двор. Развитие горного дела в Дакии продолжалось вплоть до IV в. Всего в Трансильвании было добыто более 1670 т золота [3].

Месторождения в Апусенских горах (см. рис. 1) удивляли своим богатством. Так, Г. Агрикола (1494–1555) писал: «У германцев, живших в Карпатах, был золотой прииск, расположенный недалеко от города Залатны, а другой у Альтгебирге. В этих местах находили самородки золота размером в “лесной орех”. Здесь на месторождении Руда иногда за короткий срок добывали огромное количество золота: например, 80 кг за 4 дня или 55.5 кг за 30 часов».



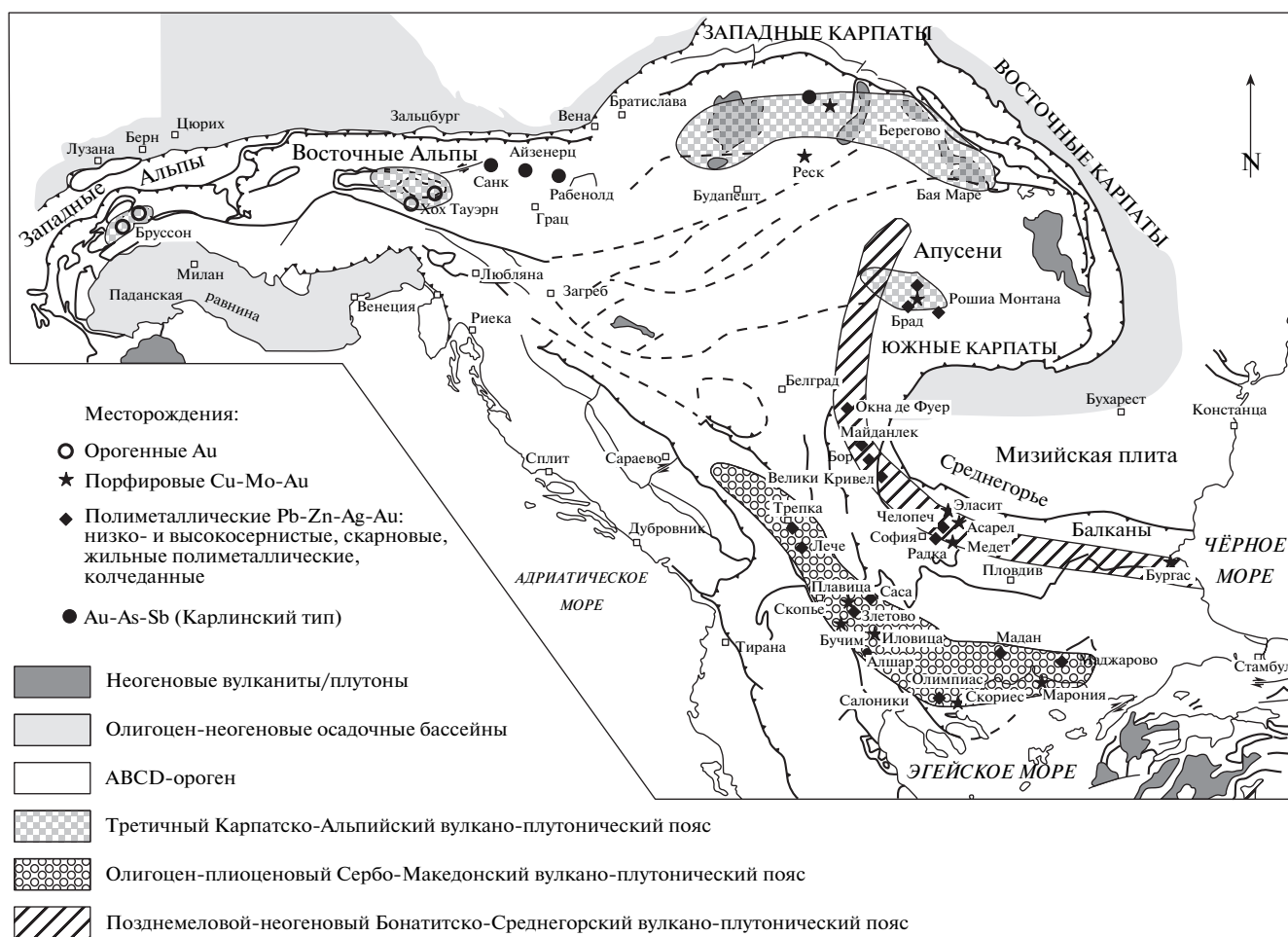


Рис. 2. Главные рудные месторождения золота и меди Средиземноморского сегмента ТЕМПа

В Средние века золотодобыча в ТЕМПе развивалась в основном на территории Восточной Европы. В то же время золото становится основой для национальных валют и главной причиной многих войн. В эпоху великих географических открытий (XVI–XIX вв.) центры золотодобывающей промышленности переместились из Европы в Южную и Северную Америку, Африку и Австралию. Вместе с тем в XIX в. разведка вулканогенных месторождений меди и золота распространилась по всему европейскому континенту. К наиболее известным новым значимым открытиям относится разведка в Иберийском поясе на территории Испании и Португалии нескольких крупных колчеданных медно-пиритовых с золотом месторождений.

В это же время развивается добыча меди, золота и серебра из мезозойских колчедано-полиметаллических месторождений Кипра. В XX в. были открыты и введены в эксплуатацию многочисленные медно-порфировые, скарновые и эпитеpмальные полиметаллические и золотосеребряные

месторождения Карпат и Балкан, такие как Реск, Лахоча, район Бая-Маре, район Банска Штявница, Кремница, Бор, Майданпек, Челопеч, Асарел, Олимпияс, Саса-Тораница, Бучим, Злетово и др. (рис. 2).

Несмотря на продолжающиеся вот уже несколько столетий исследования европейских геологов, в вулканических поясах Южной и Восточной Европы до сих пор продолжают открывать и разведывать крупные месторождения благородных и цветных металлов, и только экологические причины, особенно с конца прошлого века и в наше время, сдерживают освоение ряда крупных месторождений. Можно привести несколько известных в последнее десятилетие примеров: переоценка запасов эпитеpмальных месторождений Рошиа Монтана (Румыния), Плавница, Саса-Тораница (Македония); переоценка таллий-сурьмяного месторождения Алашар (Македония) как месторождения золота Карлинского типа; открытие крупного месторождения меди Лас Крусес в Испании, медно-золотого месторождения Ило-

Таблица 1. Характеристика вулcano-плутонических поясов Тетиса

Вулканический пояс, зона	Длина, км	Ресурсы металлов		Возраст и тип месторождений	Примеры месторождений
		Au/Ag, т	Cu, тыс. т		
Транскавказский	2000	$\frac{1000}{5000}$	10000	Среднеюрский VMS, HS $\pm$ LS	Кизил Дерё, Фелизсчай, Садонское и др.
Понтийский	1500	$\frac{1200}{5000}$	15000	Позднемеловой VMS, PC, SC, HS $\pm$ LS, DS	Цаяли Бакир, Лухуми, Зод, Маднеули, Каджаран и др.
Анатолийский	1100	$\frac{2000}{5000}$	10000	Олигоцен—миоцен PC, SC, DS, HS $\pm$ LS, DS, IS	Коплер, Кисладак, Кератере, Янипазар, Диядин, Сивизл-дере, Бурса, Заршуран и др.
Бига	300	$\frac{1000}{5000}$	5000	Неоген PC/HS $\pm$ LS, IS	Халилага, Аги-Даги, Кевизи-дере, Киразли, Овачик и др.
Чагай-Кандагарский	500	$\frac{3000}{10000}$	50000	Эоцен—миоцен PC, SC, HS $\pm$ LS	Реко Дик, Саиндак и др.
Урмия-Дохтурский	1500	$\frac{1000}{10000}$	50000	Олигоцен—миоцен VMS, PC, SC, HS $\pm$ LS	Сар-Чешме, Мейдук, Сари Гунай, Сангун, Кале-Зари, Чахе Зард и др.
Сербо-Македонский	500	$\frac{2000}{5000}$	5000	Олигоцен—миоцен, плиоцен VMS, PC, SC, HS $\pm$ LS, DS, IS	Скориас, Бучим, Олимпиас, Перама, Саса-Тораница, Плавница, Алшар и др.
Банатитовый	1500	$\frac{2500}{5000}$	10000	Миоцен VMS, PC, SC, HS $\pm$ LS	Бор, Майданпек, Челопеч, Асарел, Медет и др.
Карпатский	1000	$\frac{2000}{10000}$	1000	Эоцен—миоцен PC, SC, HS $\pm$ LS	Рошиа Монтана, Рошиа Поени, Берегово, Реск, Банска-Штявница, Бая-Маре и др.
Гангдз	1500	1500	50000	Олигоцен—миоцен PC, SC, HS $\pm$ LS	Кулонг, Дубуку, Жиама и др.
Юлонг	1000	2000	50000	Эоцен—олигоцен PC, SC, HS $\pm$ LS	Юлонг, Занага, Магзонг и др.
Ялосчан	600	1500	50000	Эоцен—олигоцен PC, SC, HS $\pm$ LS	Хифанпинг, Мачанкинг и др.

*Примечание.* Типы месторождений: PC — Cu-Au-порфировый, SC — Cu-Au-скарновый, LS — Au-Ag-эпитермальный низкосернистый, IS — Ag-Au-эпитермальный среднесернистый, HS — Au-Ag-эпитермальный высокосернистый, VMS — Cu-Zn-Pb-Au-Ag-колчеданный (тип Куроко), DS — вкраплённый Au-As-Sb-сульфидный (тип Карлин).

вица (в Македонии); разведка крупного эпитермального месторождения золота Перама (Греция), нескольких эпитермальных золотосеребряных и порфировых медно-золотых месторождений в Турции.

В *центральной сегменте ТЕМПа* находятся страны Кавказа (см. рис. 1), ранее входившие в состав СССР, которые исторически располагались на перекрёстке торговых путей между Европой и Центральной Азией. По этой территории на протяжении тысячелетий проходил Великий шёлковый путь. Античные источники свидетельствуют, что шумеры добывали медь в районе к востоку от озера Ван (Армения) ещё в «бронзовую» эпоху.

В конце XIX — начале XX в. на территории Кавказа и Закавказья было известно всего несколько

месторождений и проявлений полиметаллов и золота, недостаточно изученных. Промышленное производство меди и золота началось в современной Армении в 1846 г. открытием медного рудника Кафан, который работает и сегодня, производя концентрат, содержащий медь, свинец, цинк, золото и серебро.

Во второй половине XX в. в Кавказском регионе действовал мощный горнопромышленный комплекс, игравший заметную роль в экономике СССР. Здесь была создана значительная минерально-сырьевая база, например, 25% производимого в СССР молибденового концентрата приходилось на долю Армении. Были открыты и разведаны крупные месторождения в кавказском секторе ТЕМПа: медно-молибденовые (Каджаран, Кафан и др.), вольфрамо-молибденовое (Тырнауз),

**Таблица 2.** Суммарные установленные ресурсы в порфириковых медных месторождениях Тибетского плато [9]

Название ВПП*	Название месторождения	Возраст, млн лет	Тоннаж, млн т	Cu, %	Mo, %	Au, г/т	Ag, г/т	Cu, т	Mo, т	Au, т
Юлонг	Юлонг	40.7	850	0.84	0.022	0.35	n.d.	7140000	187000	298
	Занага	38.5	99.5	0.32	0.03	0.03	n.d.	318000	29900	3
	Мангзонг	37.5	135	0.43	0.03	0.02	n.d.	581000	40500	3
	Дуохиасонгду	37.4	248	0.38	0.04	0.06	n.d.	942000	99200	15
	Маласонгду	36	338	0.45	0.014	0.06	n.d.	1520000	47300	20
	Гегонгтонг	38	101	0.5	n.d.	0.37	2.65	505000	n.d.	37
Дали	Ксифанпинг	32	64.3	0.28	n.d.	0.31	n.d.	180000	n.d.	20
	Мачанкинг	35	62	0.5	0.078	0.35	n.d.	310000	48400	22
Гангез	Кулонг	16.2	1778	0.45	0.045	n.d.	3.9	8000000	800000	n.d.
	Ньютогмен	39	1085	0.3	n.d.	0.22	1.2	3310000	n.d.	241
	Жиама	15.2	1006	0.39	0.046	0.095	5.6	3920000	463000	96
Всего								26700000	1720000	755

\* ВПП — вулканно-плутонический пояс.

жилые полиметаллические (Садон, Згид, Архыз, Джамидон), колчеданно-полиметаллические (Фелизчай, Кизил Дере, Маднеули и др.), эпитеpmальные золотосеребряные (Зодское, Меградзор, Марьян и др.).

Распад СССР в 1992 г. привёл к фактическому коллапсу экономики региона, и только с 2000 г. началось её постепенное восстановление, благодаря в первую очередь прямым иностранным инвестициям, в основном из России и Германии, а также зарубежных диаспор. Основой для дальнейшего экономического роста стран этого региона выступает развитие горнопромышленного сектора. В план приватизации включены многочисленные, разведанные ещё в советское время, месторождения золота и полиметаллов, определяющие инвестиционную привлекательность региона.

В *Азиатской части ТЕМПа* золото, серебро и медь добывали ещё древние шумеры, персы и индусы на территории Таджикистана, Ирана, Ирака, Афганистана и Пакистана. Из перечисленных стран в настоящее время только Иран обладает крупнейшей в Западной Азии и исламском мире экономикой, это одно из наиболее технологически развитых государств региона. В Иране большинство месторождений и рудопроявлений меди, свинца, цинка, золота и серебра в кайнозойском вулканно-плутоническом поясе Урмия-Дохтур были оценены только во второй половине XX в. (табл. 1). Этот пояс протягивается через весь Иран от впадины Тебриз на северо-западе до впадины Джаз-Муриан на юго-востоке. Западное продолжение этого кайнозойского пояса находится в Азербайджанской провинции Централь-

ного Ирана, где он смыкается с Кавказскими вулканогенными поясами.

В 2003 г. развитие добычи меди и золота началось в Пакистане, где ещё в 1970 г. в вулканическом поясе Чагай (см. рис. 1) было открыто крупное порфириковое медно-золотое месторождение Саиндак. К настоящему времени на руднике этого месторождения ежегодно производят 15 тыс. т меди, 1.5 т золота и 2.7 т серебра. В 2003 г. северо-западнее (в 70 км от Саиндака) в этом же поясе было обнаружено крупное медно-золото-порфириковое месторождение Реко Дик, разведка которого завершилась в 2012 г. Следует отметить, что на продолжении пояса Чагай в Кандагаре (Афганистан) также могут быть выявлены новые крупные золото-медно-порфириковые месторождения.

*Тибетское плато* в Западном Китае вмещает несколько крупных медно-порфириковых месторождений кайнозойского возраста, локализованных в трёх вулканно-плутонических поясах (табл. 2). Месторождение Юлонг — первое из 11 известных в настоящее время крупных месторождений — было открыто китайскими геологами ещё в 1960-х годах. В 1980 г. было открыто второе крупное месторождение — Кулонг. В настоящее время Тибетское плато — регион активных геологоразведочных работ китайских и международных компаний, здесь введены в строй два крупных рудника.

#### МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ТЕМПа

Несмотря на многовековую историю горнодобывающих работ, недра вулканических поясов, объединяемых ТЕМПом (см. табл. 1), содержат

ещё достаточное количество цветных и благородных металлов. Наибольшее значение для горнодобывающей промышленности в странах ТЕМПа имеют два металла — медь и золото, далее по ценности идут молибден, серебро, вольфрам, сурьма, цинк и свинец.

Медно-порфировые месторождения и производство меди в Европейской части ТЕМПа широко развиты в Балканских странах и Турции. Крупный медный комбинат Бор (RTB Bor) расположен на востоке Сербии, около Белграда, и включает медный рудник, завод по выпуску первичного и рафинированного металла в городе Бор, а также два месторождения Велики Кривели и Майданпек, добыча на которых ведётся открытым способом. Текущие запасы составляют 3 млн. т меди. Мощности комбината, позволяющие выпускать 150 тыс. т меди в год, в последнее время загружены только на 40–50%. Производство катодной меди в 2012 г. было на уровне 20 тыс. т.

В Румынии крупнейшие запасы меди (65% запасов страны) содержит месторождение Рошиа Поени в Золотом четырёхугольнике — 350 млн. т руды с 0.36% меди и 0.29 г/т золота [4]. Производство меди на месторождении составляет 11 тыс. т в год. Вмещает месторождение миоценовый субвулканический шток микродиоритового и андезитового состава (660 × 960 × 1200 м) и тело брекчии на контакте штока с вмещающими породами.

В Банатитском вулcano-плутоническом поясе на территории Румынии известно 12 потенциально перспективных порфировых штоков. В последние годы в районе Золотого четырёхугольника (Апусенские горы) выявлены три новых сближенных золото-медно-порфировых месторождений — Ровина-Реметеа, Ковник и Цирезата [5]. На месторождении Цирезата установлена “слепая” минерализация, которая начинается в интервале 50–150 м ниже поверхности. Месторождения содержат суммарно 265 млн. т руды с 0.66 г/т золота и 0.18% меди (175 т золота и 470 тыс. т меди). Запланированное годовое производство составляет 6 т золота и 22 тыс. т меди [5].

В Среднегорском вулcano-плутоническом поясе на территории Центральной Болгарии (см. рис. 2) из медно-порфировых месторождений в 2011 г. было получено 226.5 тыс. т меди в концентрате (www.augubis.com). Месторождение Асарел разрабатывают с 1961 г. и в настоящее время его карьер по размерам считается крупнейшим в Европе и третьим в мире. Среднее содержание меди в руде — 0.45%. Среднегорская вулканическая зона включает три крупных верхнемеловых вулканических центра (Елатсит—Челопеч, Асарел—Медет и Елшитса—Влайков Вран), на севере зоны преобладают андезиты, а на юге доминируют породы дацитового состава [6]. Порфировые и высокосернистые эпитермальные месторождения выявлены во всех перечисленных вулканоструктурах. Главные медно-

порфировые месторождения Среднегорья представляют Елатсит, Медет, Асарел, Влайков Вран и Царь Асен, а эпитермальные — Челопеч, Елшитса, Радка и Красин. Некоторые из объектов разрабатывали ещё в доисторические времена, но интенсивные геологоразведочные работы начались в регионе только в 1950-х годах. С этого времени здесь было добыто более 2 млн. т меди и 78 т золота [6]. Текущие ресурсы в Среднегорье составляют около 3 млн. т меди и 350 т золота. По данным “SeeNews”, в 2012 г. запасы золота в Болгарии достигали 446 т, ресурсы — 172 т. По этим показателям страна находится на седьмом месте в Европе.

На крупнейшем золото-медном месторождении Болгарии Челопеч добыча ведётся подземным способом. В 2012 г. производство золота составило 3.75 т, меди — 19 тыс. т. Запасы и ресурсы месторождения на 2012 г. очень большие: золота — 230 т при содержании 3.6 г/т, серебра — 570 т при содержании 9 г/т, меди — 730 тыс. т при содержании 1.0% (www.dundeeprecious.com).

В Турции медь и цинк добывают из колчеданно-полиметаллических месторождений Кипрского и Куроко типов (Понтидский верхнемеловой вулканический пояс). Из месторождения Цаяли Бакир в 2012 г. произведено 31.4 тыс. т меди и 40 тыс. т цинка. В пределах Центрально-Турецкого пояса недавно были выявлены несколько крупных медно-золото-молибденовых порфировых (Карапинар, Сивизедере, Хаккари) и железомедных скарновых (Димитере, Дивриги и др.) месторождений, которые будут введены в эксплуатацию в ближайшие несколько лет. Запасы меди в стране на 2012 г. составляют 3.7 млн. т, ресурсы — 15.8 млн. т. Всего в 2012 г. в Турции было произведено 40 тыс. т меди и экспортировано 165 тыс. т меди в концентрате (www.miningturkeymag.com).

В странах Европы в последние годы добывают 45–50 т золота, из которых примерно 40 т приходится на месторождения вулcano-плутонических поясов ТЕМПа. Крупнейшие производители золота — Турция (29.5 т), Болгария (4.4 т), Армения (около 3 т). К другим европейским государствам, расположенным в пределах ТЕМПа, где есть месторождения золота, относятся Румыния, Греция, Италия, Македония, Португалия, Испания, Словакия, Армения, Азербайджан, Украина и Грузия.

В Азиатской части ТЕМПа добыча золота не превышает 17 т в год, из них 4 т добывают в Иране, 1.5 т — в Пакистане, а в китайском Тибете — около 10 т.

На территории вулcano-плутонических поясов ТЕМПа активнее всего добыча золота развивается в Турции. Ещё в 2000 г. золото в этой стране практически не добывали, к 2005 г. уровень добычи достиг 5 т в год, а в 2012 г. — 29.5 т [7]. Это связано с внесением важных изменений в горный за-

кон страны, упростивших проведение разведки и добычи и обеспечивших приток финансирования. Текущие запасы золота в Турции составляют 710 т, а прогнозные ресурсы — 6500 т.

В Турции преобладает добыча золота из эпитеpмальных месторождений: Овачик (3.5 т/год), Кисладак (8.9 т/год), Коплер (6 т/год), ещё несколько объектов — Ефемкуру, Мастра, Каймас — производят примерно по 1 т золота в год каждый. Кроме них сегодня в Турции насчитывается более 70 перспективных на золото геологоразведочных проектов. Крупнейшее эпитеpмальное месторождение золота в Турции — Кисладак — было открыто в 1997 г., а добычу начали в 2006 г. Запасы и ресурсы месторождения суммарно оцениваются в 760 т при содержании золота около 0.7 г/т. Производство золота в 2012 г. здесь составило 8.9 т при содержании 1.04 г/т. Месторождение принадлежит компании “Eldorado Gold” (США).

На второе место после Турции по производству золота в Европе может стремительно выйти Румыния, на территории которой в 2013 г. планируется запустить крупнейший золотой рудник. Запасы и ресурсы эпитеpмального месторождения Рошиа Монтана оцениваются в 450 т золота при содержании 1.33 г/т и 2022 т серебра (7.5 г/т). Планируемая среднегодовая производительность рудника — 15–17 т золота.

Среди Кавказских стран наиболее богата золотом Армения. В 2012 г. здесь на балансе числились шесть собственно золоторудных месторождений, шесть золотополиметаллических, девять золотосодержащих комплексных месторождений, включая медно-молибденовые (Каджаран и др.), медно-рудные, свинцово-цинковые. Самое крупное эксплуатирующееся месторождение золота на территории Армении — Сотское (прежнее название Зодское) с текущими запасами золота около 120 т (в советское время были подсчитаны 186 т). На второе место по запасам претендуют два месторождения — Каджаранское медно-молибденовое, также содержащее золото, и новое Амультсарское эпитеpмальное высокосернистое, на третьем месте — Шаумянское золотополиметаллическое месторождение Капанского рудного поля. Жилы последнего месторождения имеют крутое падение, мощность 1–5 м. Разведанные запасы руды оцениваются в 36 млн. т (2012), запасы в золотом эквиваленте составляют 110 т ([www.dundeevaluable.com](http://www.dundeevaluable.com)). Амультсарское месторождение представляет собой крупный штокверк. Оно относится к перспективному для применения кучного выщелачивания крупнотоннажному с низким содержанием золота типу высокосернистых эпитеpмальных месторождений (аналоги — Янакоча и Пьерина в Перу).

Минерально-сырьевая база золота Армении, созданная ещё в СССР, до последнего времени практически не осваивалась. Стремительный рост цен на золото послужил мощным толчком

развития здесь золотодобычи. К настоящему времени все рудники и месторождения золота в стране приватизированы и находятся в собственности иностранных компаний. Наступил период, когда актуальной стала переоценка накопленного фонда отбракованных, забалансовых и других месторождений. Фонд таких месторождений в Армении обширен. Возможность открытия месторождений новых типов достаточно высока (пример — месторождение Амультсар). Главным резервом для дальнейшего развития золотодобычи в Армении, наряду с Сотским месторождением, будут большеобъёмные месторождения с невысоким содержанием золота (амультсарского типа), пригодные для извлечения золота методом кучного выщелачивания, чему способствуют благоприятные климатические условия. Имеющиеся в стране запасы и ресурсы позволят увеличить ежегодную золотодобычу до 10 т и более в кратчайшие сроки.

Возможности Армении по производству меди оцениваются экспертами в 80 тыс. т в год. Крупнейшее месторождение — Каджаранское медно-молибденовое, эксплуатируемое ЗАО “Зангезурский медно-молибденовый комбинат”. Запасы меди здесь составляют 4500 тыс. т. Второе по запасам — Техутское медно-молибденовое месторождение (1500 тыс. т). Всего в стране насчитывается более 15 промышленно значимых медных и полиметаллических месторождений.

В Грузии производят 15 тыс. т меди и 2 т золота ежегодно. Главное месторождение Грузии — Маднеульское, принадлежащее российской группе компаний “GeoProMining”, имеющей также активы и в Армении — Сотское золоторудное и Агарацкое медно-молибденовое месторождения.

Огромным потенциалом развития добычи золота и меди обладают страны, расположенные в Азиатской части ТЕМПа. Так, запасы золота Пакистана на 2012 г. составили 1340 т, из них 64 т приходится на медно-порфировое месторождение Саиндак, остальные — на месторождение Реко Дик. Запасы и ресурсы меди в стране составили 4805 млн. т руды: на Саиндак приходится 412 млн. т со средним содержанием меди 0.6% и золота 0.5 г/т, а на Реко Дик — 3720 млн. т со средним содержанием меди 0.5% и золота 0.3 г/т, оставшиеся запасы — на другие месторождения ([www.dailytimes.com.pk](http://www.dailytimes.com.pk)). При достижении плановой производительности горно-металлургическим предприятием на месторождении Саиндак добыча меди в год достигнет 250 тыс. т, поступного золота — примерно 8–10 т, серебра — 15–20 т. На руднике Реко Дик планируется ежегодно извлекать не менее 200 тыс. т меди и 8 т золота ([www.dailytimes.com.pk](http://www.dailytimes.com.pk)).

Иран занимает седьмое место в мире по запасам меди (21.3 млн. т) и четвёртое место в Азии по её добыче, общие запасы золота составляют 500 т, подтверждённые запасы — 320 т. В 2012 г., по дан-

ным Геологической службы США, в Иране получено 235 тыс. т катодной меди и произведено 4 т золота, из них около 650–700 кг попутного золота при добыче меди. Количество попутного золота может быть увеличено до 2.5 т в год. Наиболее известное в Иране разрабатываемое с 1974 г. медно-порфировое месторождение — Сар-Чешме. Его рудное поле сложено туфами и лавами андезитов эоценового возраста, смятыми в крупную антиклинальную складку субширотного направления, в северном крыле которой, вблизи ядра, располагается изометричный шток порфировидных гранодиоритов площадью около 4 км<sup>2</sup> на поверхности. В южной части штока гранодиориты интенсивно изменены и содержат несколько вытянутых в северо-западном направлении рудных штоков, наиболее крупный из которых имеет размеры 300 × 70 м в поперечнике. Руды прослеживаются до глубины 600 м. В зоне вторичного обогащения месторождения мощностью 35 м содержание меди колеблется от 2 до 6%. Выявленные ресурсы месторождения можно оценить в 1 млрд. т руды со средним содержанием меди 0.78%, молибдена — 0.03%, золота — 0.1 г/т. Проектная мощность предприятия в год — 179 тыс. т меди в концентрате [8].

Ресурсы месторождения Чах-Меси, расположенного в 132 км к северо-западу от Сар-Чешме, составляют 1554.6 тыс. т медно-свинцово-цинковых руд (с попутными золотом, серебром и ртутью) со средним содержанием серебра 65 г/т, золота — 1.6 г/т.

В 2004 г. в вулканогенном поясе Урмия-Дохтур (см. рис. 1) выявлено крупное золоторудное месторождение Сари-Гунай. Руды этого месторождения представлены тремя типами прожилков: кварц-сульфидно-магнетитовыми, кварц-турмалиновыми и эпитермальными кварц-пирит-реальгар-аурипигментовыми. Его ресурсы (с запасами) оцениваются в 100 т золота со средними содержаниями 1.77 г/т, что соответствует параметрам крупного золоторудного объекта.

На западе Ирана 10 лет назад началась промышленная оценка месторождения Заршуран. Месторождение локализовано в толще чёрных углистых глинистых сланцев, содержащих прослойки доломитов и мергелей. Его руды содержат минералы мышьяка и ртути (реальгар, аурипигмент, киноварь) и принадлежат к важному типу месторождений джаспероидных руд золота (типу Карлин). Подтверждённые запасы месторождения — 11 млн. т руды с содержанием золота 7.9 г/т (87 т). На месторождении предполагается получать 2 т золота в год.

По оценке Геологической службы США, на Тибетском плато сосредоточены ресурсы в 145 млн. т меди и 4900 т золота [9]. Здесь к настоящему времени разведано 11 медно-порфировых месторождений, запасы и ресурсы которых составляют

26.7 млн. т меди и 755 т золота. На два крупнейших месторождения Тибетского плато Юлонг и Кулонг приходится по 7 млн. т меди. Месторождения региона содержат также значительное количество молибдена, золота и серебра.

\* \* \*

Представления о металлогении Средиземноморских вулканогенных поясов ТЕМПа определялись преимущественно европейской геологической школой, тогда как Тихоокеанская металлогения формировалась отечественными и американскими геологами. Их различия особенно хорошо видны на примере развития представлений о генезисе эпитермальных золотосеребряных месторождений. Так, известный немецкий геолог Г. Шнейдерхен [10] связывал гидротермальные образования с щелочно-известковыми и калиевыми субвулканическими гранитоидами, а С.С. Смирнов [11], основываясь на приуроченности эпитермальных месторождений к глобальным структурам Тихоокеанских вулканогенных поясов, полагал, что рудогенерирующие источники эпитермальных руд связаны с глубинными или, по крайней мере, с нижнекоровыми процессами. Эти представления также разделяли многие американские геологи. Однако после широко разрекламированных моделей образования порфировых месторождений [12] к эпитермальным золотосеребряным месторождениям нередко стали относить поздние (низкотемпературные) непорфировые жильные руды порфировых месторождений.

Проведённые нами многолетние исследования этих проблем показали, что текстурно-структурная идентичность эпитермальных месторождений характеризует всего лишь близповерхностные условия отложения руд и совершенно не отражает источник рудного вещества, а создаёт иллюзию их приуроченности к глубинным структурам глобальных масштабов. Было показано, что эти месторождения входят в самые различные рудные комплексы — от уран-многометалльных и колчеданных до порфировых [13]. Наши представления хорошо подтверждены результатами рудноформационного анализа [14] и изотопными исследованиями элементов руд различных глубин формирования. Что касается связей порфировых месторождений с эпитермальными, то на ряде примеров мы убедительно доказали более раннее допорфировое отложение типичных бананцевых руд, хорошо отличающихся от более бедных непорфировых жил порфировых месторождений [15]. Таким образом, генетические представления о рудных месторождениях ТЕМПа могут быть существенно дополнены в процессе дальнейших исследований.

Из представленного обзора следует, что добыча золота и меди в металлогеническом поясе ТЕМПа в краткосрочной и среднесрочной перспективе будет расти на фоне положительной динамики мировых цен на эти металлы, оживления финансирования поисковых работ, крупных инвестиций в строительство новых рудников. Высокие темпы роста горнодобывающей промышленности демонстрируют Турция, Иран и Китай. Всё большее внимание горнодобывающих компаний привлекают страны Средиземноморского бассейна, где открыты, разведаны и подготовлены к отработке несколько крупных месторождений, вводу в строй которых препятствует только экологический фактор. Хороший потенциал роста добычи золота и меди в ближайшие пять лет имеют Румыния, Болгария, Греция, Армения, Пакистан и Афганистан, куда устремились ведущие горнодобывающие компании мира и аффилированные с ними юниоры. Общий потенциал добычи золота и меди в странах ТЕМПа может в ближайшие годы увеличиться в 1.5–2 раза. Дальнейшие исследования рудоносности вулканических поясов ТЕМПа необходимы для последующего освоения минерального богатства европейских и восточно-азиатских регионов.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (госконтракт № 14.515.11.0072) и РФФИ (проекты 11-05-00006-а, 12-05-00443-а).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Toth A., Quiquerez A., Marton I.* Past and present mining in the Apuseni Mountains Romania // Field Trip SEG Student Chapters. 2006. V. VII.
2. *Jankovich S.* The copper deposits and geotectonic setting of the Tethyan Eurasian metallogenic belt // Mineral. Depos. 1977. V. 12.
3. *Vlad S.N., Orlandea E.* Metallogeny of the Gold quadrilateral: style and characteristics of epithermal-subvolcanic mineralized structures, south Apuseni mts., Romania // Studia universitatis Babes-Bolyai, geologia. 2004. № 1.
4. *Zimmerman A., Stein H.J., Hannah J.L., et al.* Tectonic configuration of the Apuseni-Banat-Timok-Srednogorie belt, Balkans-South Carpathians, constrained by high precision Re-Os molybdenite ages // Mineral. Depos. 2008. V. 43.
5. *Halga S., Ruff R., Stefanini B., et al.* The Rovina Valley project, Apuseni mts., Romania: gold-copper porphyry discoveries in a historic mining district // Romanian Journal of mineral deposits. 2010. V. 84.
6. *Kovachev V.V.* Gold, Copper mining and geoarcheology in Central Bulgaria – IMA2010 Field Trip Guidebook BG1 // Acta Mineralogica-Petrographica, Field Guide Series. 2010. V. 5.
7. Mining Turkey. 2013. № 4.
8. *Shafiei B., Haschke M., Shahabpour J.* Recycling of orogenic arc crust triggers porphyry Cu mineralization in Kerman Cenozoic arc rocks, southeastern Iran // Miner. Deposita. 2009. V. 44.
9. *Ludington S., Hammarstrom J.M., Robinson G.R., et al.* Porphyry copper assessment of the Tibetan Plateau, China // U.S. Geol. Surv. Scientific Investigations Report 2010–5090–F and GIS data. Reston, Virginia, 2012.
10. *Шнейдерхен Г.* Рудные месторождения. М.: ИЛ, 1958.
11. *Смирнов С.С.* О Тихоокеанском рудном поясе // Известия АН СССР. Серия геологическая. 1946. № 2.
12. *Sillitoe R.H.* Gold-rich porphyry copper deposits; geological model and exploration implication // Geological Association Canada. 1993. Special Paper 40.
13. *Сидоров А.А.* Рудные формации и эволюционно-исторический анализ благороднометалльного оруднения. М.—Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1998.
14. *Сидоров А.А., Старостин В.И., Волков А.В.* Рудно-формационный анализ. М.: Макс-Пресс, 2011.
15. *Сидоров А.А., Томсон И.Н., Савва Н.Е. и др.* О соотношении порфировых месторождений с их жильными сателлитами // Доклады АН. 2006. № 4.
16. *Heinrich C. A., Neubauer Ж. F.* Cu–Au–Pb–Zn–Ag metallogeny of the Alpine–Balkan–Carpathian–Dinaride geodynamic province // Mineral. Depos. 2002. V. 37.

DOI: 10.7868/S0869587314040045

Авторы статьи обращают внимание читателей на актуальную проблему загрязнения окружающей среды триадой стойких поллютантов — пестицидами ДДТ и ГХЦГ и веществами промышленного назначения ПХБ. На примере юго-восточной части Азовского моря рассмотрены импактные зоны этих соединений и предложена система профилактических и ремедиационных мер по снижению риска их попадания с суши в море.

## СТОЙКИЕ ПОЛЛЮТАНТЫ СУШИ И МОРЯ

Р.В. Галиулин, Р.А. Галиулина

К числу стойких поллютантов, которых обнаруживают в окружающей среде в наше время, относятся широко применявшиеся в прошлом в сельском хозяйстве (против вредителей культурных растений) и здравоохранении (против переносчиков инфекционных заболеваний) пестициды ДДТ (дихлордифенилтрихлорметилметан) и ГХЦГ (гексахлорциклогексан), а в промышленности — ПХБ (полихлорированные бифенилы). Невероятно широкие масштабы использования и чрезвычайно высокая стойкость этих поллютантов повлекли за собой тяжёлые экологические последствия:

- глобальное загрязнение воздуха, атмосферных осадков, растительности, почв, поверхностных вод, донных отложений, тканей птиц и млекопитающих;
- образование в местах их использования импактных зон на суше, характеризующихся аномально высоким (по сравнению с фоном) содержанием

стойких поллютантов в почве как основной депонирующей среде наземных экосистем;

- формирование в непосредственной близости от импактных зон на суше подобных зон в море в результате выноса поллютантов речными и оросительными водами в растворённой, коллоидальной и адсорбированной на взвеси формах с последующим распределением и осаждением; импактные зоны в море также отличаются повышенным содержанием данных веществ в донных отложениях как основной депонирующей среде водных экосистем.

Следует отметить, что после запрещения применения ДДТ в большинстве стран мира с 1970 г. и резкого сокращения применения ГХЦГ с 1986 г. их продолжали использовать в развивающихся странах Азии, Африки и Латинской Америки. Поэтому следовало ожидать дальнейшего загрязнения окружающей среды этими веществами и, более того, переноса их на большие расстояния ветром из мест непосредственного применения с последующим выпадением и накоплением в различных природных компонентах. Именно воздушным переносом из регионов Южной Америки, Африки и Австралии можно объяснить факт недавнего обнаружения триады поллютантов в почвах и донных отложениях водной экосистемы о. Джеймса Росса (Антарктика, море Уэдделла) [1].

В данной работе проанализирована и обобщена информация об особенностях поведения (миграции, трансформации, токсического действия и т.д.) ДДТ, ГХЦГ и ПХБ в окружающей среде, а также представлены результаты недавних исследований их содержания в различных природных компонентах на примере юго-восточной части Азовского моря. В настоящее время усилено внимание к экологической ситуации в пределах участка Темрюкский залив — Ахтарский лиман по причине проведения здесь геологоразведочных работ, обусловленных поиском и оценкой место-



Авторы работают в Институте фундаментальных проблем биологии РАН. ГАЛИУЛИН Рауф Валиевич — доктор географических наук, ведущий научный сотрудник. ГАЛИУЛИНА Роза Адхамовна — научный сотрудник.  
galiulin-rauf@rambler.ru; rosa\_g@rambler.ru



рождений нефти и природного газа [2]. В этом контексте важно было изучить современную экологическую ситуацию в юго-восточной части моря, которая может усугубиться в результате возможных аварийных инцидентов при поиске, разведке, добыче и транспортировке нефти и природного газа. Ниже будет предложена система профилактических и ремедиационных мер по снижению риска попадания триады стойких поллютантов из импактной зоны на суше в море.

Начнём с выяснения вопроса об особенностях поведения рассматриваемых веществ, распространённых на Земле повсеместно и до сих пор создающих серьёзные экологические проблемы.

**Пестициды ДДТ и ГХЦГ.** Известно, что за более чем 50 лет использования, к примеру, ДДТ в сельском хозяйстве и здравоохранении в мире было применено свыше 5 млн. т данного пестицида, вследствие чего до сих пор наблюдается поступление его остатков из загрязнённой почвы в растения, воду, животных, птиц, рыб и человека. Результаты наших исследований, проведённых ещё в начале 1990-х годов в дельте р. Кубань, впадающей в Темрюкский залив Азовского моря, показали, что содержание остатков ДДТ и его метаболитов ДДЭ (дихлордифенилдихлорэтилена) и ДДД (дихлордифенилдихлорметилметана) в почвах из-под риса, капусты и садов в 2–22 раза превышало предельно допустимую концентрацию (ПДК 100 мкг/кг), что свидетельствует о наличии импактной зоны поллютантов на суше. Следует отметить, что в своё время предельно допустимые концентрации ГХЦГ, ДДТ и его метаболитов были разработаны на основе так называемого транслокационного (фитоаккумуляционного) лимитирующего показателя вредности, характеризующего процесс их миграции из почвы в культурные растения, используемые в качестве продуктов питания или фуража, и накопление веществ в фитомассе, что свидетельствует о риске загрязнения почвы.

Чрезвычайно высокая стойкость пестицидов ДДТ и ГХЦГ в почве определяется следующими факторами:

- необычностью структуры молекул пестицидов для микроорганизмов, очищающих почву от органических соединений путём их трансформации до более простых по строению химических веществ;
- отсутствием оптимальных для процесса микробиологической трансформации пестицидов значений температуры, влажности, содержания питательных веществ, аэрации, окислительно-восстановительного потенциала (Eh) и кислотности (рН) почвы;
- трудностью перехода пестицидов из иммобилизованного состояния на почвенных частицах

в почвенный раствор, где обычно происходит их микробиологическая трансформация.

Поэтому ДДТ в почве претерпевает лишь частичное превращение с образованием ДДЭ (реакция дегидрохлорирования) и ДДД (реакция дехлорирования); ГХЦГ (смесь восьми изомеров) также подвергается частичной трансформации, когда, например, его  $\gamma$ -изомер переходит в  $\alpha$ -изомер, и уже в таком составе данные вещества долго сохраняются в окружающей среде. По нашим расчётам, выполненным по экспоненциальной зависимости, в зоне сухих степей и полупустынь период практически полного исчезновения ( $T_{99}$ ) остатков ДДТ и ГХЦГ из различных почв может составлять от 14 до 142 лет.

Характерным для ДДТ и ГХЦГ является то, что определённое их количество, находящееся в почве, выносится с поверхностным стоком и оросительной влагой в водные объекты. Так, в случае дельты р. Кубань эти поллютанты попадают в Темрюкский залив и лиманы (открытые или закрытые мелководные заливы), гидравлически взаимосвязанные между собой (в пределах отдельных групп) и с Азовским морем. О невероятно длительном, растянутом на многие годы процессе поступления остатков ДДТ и ГХЦГ в поверхностные воды свидетельствует тот факт, что степень их смыва и выщелачивания из почвы сравнительно небольшая и составляет десятые доли процента в год. Попав в водотоки, они мигрируют с водной массой на значительные расстояния в растворённой, коллоидальной и адсорбированной на взвеси формах. Остатки пестицидов, находящиеся в состоянии адгезии на взвешенных частицах, выводятся из толщи воды, оседают и накапливаются на дне водных объектов. Наблюдения за накоплением ДДТ и ГХЦГ в донных отложениях Азовского моря показали, что их содержание повторяет среднегодовой показатель в воде с отставанием на один год [3]. При этом амплитуда колебаний среднегодовых показателей содержания пестицидов в донных отложениях была меньше по сравнению с их концентрацией в воде, что связано с многократным взмучиванием и переосаждением поверхностных слоёв донных отложений.

Одной из характерных особенностей пространственного распределения пестицидов на дне Азовского моря является наличие локальных участков с более высоким (по сравнению со средними значениями) содержанием веществ, что обычно связано с местами впадения рек, несущих поллютанты. Донные отложения оросительной системы, рек, лиманов и самого Азовского моря становятся местом аккумуляции загрязняющих веществ вследствие их высокой адсорбции на частицах грунта и низкой температуры на дне, что способствует торможению процесса микробиологической трансформации.

Поступая с поверхностным стоком или оросительной водой в водные экосистемы, ДДТ и ГХЦГ мигрируют в цепи вода — донные отложения — гидробионты (организмы, обитающие в водной среде) и, помимо донных отложений, накапливаются в последнем звене этой цепи. Однако отсутствие на сегодня ПДК хлорорганических соединений для донных отложений не позволяет дать объективную оценку качественного состояния водных объектов. Крайняя необходимость в разработке этих ПДК связана с существованием риска вторичного загрязнения водной массы хлорорганическими соединениями из донных отложений. Попадание поглощённых пестицидов таким образом в воду происходит при следующих обстоятельствах: взмучивании донных отложений под действием ветра или из-за увеличения скорости течения, а также при драгировании, то есть изъятии донных отложений при дноуглубительных работах; при резком повышении рН или температуры воды. Последнее становится возможным при попадании в водные объекты сточных вод из химических комбинатов или тепловых и атомных электростанций.

Важно отметить, что ДДТ и ГХЦГ, аккумулируясь в гонадах (половых железах) рыб, в силу своего токсического действия поражают не только родительские, но и последующие поколения, что может привести к появлению летальных мутаций, уродств, останавливать процессы индивидуального развития и провоцировать смерть икры на ранних этапах. Кроме того, токсическое действие данных пестицидов ведёт к рождению нежизнеспособной молоди, дающей впоследствии малочисленное или плохо размножающееся, биологически неполноценное потомство. Пестициды, накапливающиеся в рыбе и других гидробионтах, передаются по пищевой цепи человеку как потребителю продуктов речного и морского промысла, тем самым вызывая патологии крови и печени. Даже при содержании пестицидов в продуктах питания ниже гигиенических нормативов не меньший риск представляет кумулятивное действие на человека ДДТ и ГХЦГ, характеризующихся сверхкумуляцией и выраженной кумуляцией соответственно. Это означает, что пестициды накапливаются в организме при многократном поступлении относительно небольших их количеств, в результате чего возникает хроническая интоксикация, нередко заканчивающаяся злокачественными новообразованиями.

**Вещества промышленного назначения — полихлорированные бифенилы.** ПХБ представляют собой хлорпроизводные бифенила, содержащие в молекуле от 1 до 10 атомов хлора, что выражается в существовании 10 его гомологов. Не имея (в отличие от ДДТ) мостика между кольцами (в данном случае в виде трихлорметилметанового фрагмента), ПХБ ещё более устойчивы к действию

факторов окружающей среды. До 1970-х годов, по применявшейся тогда методике анализа, совместно с остатками ДДТ определяли ПХБ, содержание которых в окружающей среде могло быть весьма значительным. Это стало причиной ложного заключения о загрязнении окружающей среды только остатками ДДТ. Впоследствии проблеме селективного определения ДДТ и ПХБ удалось успешно разрешить аналитически и обнаружить вещества, которые “до тех пор никогда не искали, так как никогда не предполагали найти” [4].

В окружающую среду ПХБ могли поступать в результате испарения и утечки из трансформаторов, конденсаторов, теплообменников или гидравлических систем, где они использовались в прошлом в качестве диэлектриков, теплоносителей, гидравлических жидкостей, а также с промышленными отходами. Также отмечен факт применения ПХБ в качестве растворителей пестицидных препаратов, поэтому неслучайно мы обнаружили в дельте р. Кубань в почвах из-под садов и виноградников ПХБ в количествах, в несколько десятков раз превышающих ориентировочно допустимую концентрацию, равную 60 мкг/кг. Установлено, что значительная часть произведённых в мире ПХБ (до 1.2 млн. т) поступила в пресные и морские воды, вследствие чего загрязнённость донных отложений водных экосистем этими химическими веществами всегда существенно выше, чем стойкими хлорорганическими пестицидами. Об этом также свидетельствуют результаты проведённого нами мониторинга в дельте р. Кубань, где соотношение различных гомологов ПХБ и остатков ДДТ, превышающее единицу, отмечалось в 84% проб донных отложений различных водных объектов. Так же как и хлорорганические пестициды, ПХБ мигрируют с водной массой на значительные расстояния в растворённой, коллоидальной и адсорбированной на взвеси формах. Гидробионты способны накапливать ПХБ, причём их концентрация в планктоне, водорослях и рыбе находится в тесной корреляции с их содержанием в донных отложениях. Данные вещества обладают высокой кумулятивной способностью, а их токсическое действие, например, на рыбу возрастает с уменьшением степени хлорирования препаратов. Загрязняя водную среду, ПХБ могут передаваться по пищевой цепи человеку и приводить к возникновению злокачественных новообразований.

**Факторы возрастания риска токсического действия стойких поллютантов на гидробионты в море.** К числу таких факторов можно отнести присутствие в море нефтепродуктов и синтетических поверхностно-активных веществ, с которыми поллютанты могут взаимодействовать с последующим усилением их токсического эффекта. Например, растворяясь в нефтепродуктах, они существенно угнетают фотосинтез морского фитопланктона,

что приводит к снижению образования первичной продукции на обширных участках моря. Происходит перераспределение стойких поллютантов, обусловленное присутствием в морской воде синтетических поверхностно-активных веществ, что способствует переходу поллютантов из толщи воды на поверхность с формированием плёнки микроскопической толщины, характеризующейся чрезвычайно высоким содержанием ДДТ, ГХЦГ и ПХБ, а следовательно, и более сильным токсическим действием на гидробионты. Известно, что одним из свойств поверхностно-активных веществ является их способность к солибилизации — растворению в водной среде соединений, в обычных условиях плохо растворимых в воде. К таким соединениям относится рассматриваемая нами триада поллютантов.

**Загрязнение юго-восточной части Азовского моря.** Последняя информация, касающаяся результатов мониторинга содержания ДДТ, ГХЦГ и ПХБ в юго-восточной части Азовского моря, представлена в работах [5–8]. Данные, как отмечалось ранее, были получены в результате проведения здесь геологоразведочных работ, связанных с поиском и оценкой месторождений нефти и природного газа [2]. Максимальное содержание суммы остатков ДДТ и  $\alpha$ -,  $\gamma$ - и  $\beta$ -изомеров ГХЦГ в воде достигало 33,8 нг/л, а в донных отложениях — 5,9 мкг/кг [7]. Наибольшее количество ПХБ в воде составило 28 нг/л, а в донных отложениях — 17 мкг/кг. Следует отметить, что интоксикация наиболее чувствительных гидробионтов из числа рыб и водных беспозвоночных происходит именно при обнаруженных в воде концентрациях стойких поллютантов. Между тем максимальное содержание нефтепродуктов (как одного из факторов, способствующих возрастанию риска токсического действия стойких поллютантов на гидробионты) в воде юго-восточной части моря достигало 0,57 мг/л, в донных отложениях — 1,62 г/кг, а синтетических анионных и неионогенных поверхностно-активных веществ в воде — 33 и 100 мкг/л соответственно, в донных отложениях — 52 и 84 мг/кг [5, 6].

Накопление стойких поллютантов в донных отложениях особенно опасно для рыб-бентофагов (в том числе осетровых), то есть рыб, питающихся организмами, живущими на дне водоёма или опускающимися на дно в поисках пищи [3]. Так, при содержании в мышцах, печени и икре самок осетровых рыб остатков стойких хлорорганических пестицидов в количествах 73, 140 и 92 мкг/кг соответственно, а ПХБ — 43, 25 и 35 мкг/кг отмечались такие признаки патологии, как изменения параметров детоксикационной системы печени и содержания белка в тканях, асинхронность созревания ооцитов (яйцеклеток) и т.д. [8].

**Как сберечь море от загрязнения?** К числу профилактических и ремедиационных мер по сниже-

нию риска загрязнения Азовского моря ДДТ, ГХЦГ и ПХБ из импактной зоны на суше — территории дельты р. Кубань — относятся следующие:

- инвентаризация почвенного покрова сельскохозяйственных земель с целью выделения наиболее загрязнённых участков и микробиологическое очищение их от поллютантов посредством внесения больших количеств (не менее 1% от массы почвы) органического удобрения в виде навоза крупного рогатого скота или зелёной массы люцерны, при этом почва должна поддерживаться в водонасыщенном или затопленном состоянии в течение летних месяцев вплоть до достижения ПДК данных веществ в среде;

- обвалование, одернование и обсаживание кустарником наиболее загрязнённых участков, находящихся рядом с водными объектами, благодаря чему будет задерживаться поступление с поверхностным и грунтовым стоком остатков поллютантов в растворённой, коллоидальной и адсорбированных на взвеси формах;

- исключение из повторного использования оросительных вод при наличии в них поллютантов в количестве выше гигиенических нормативов;

- экскавация и утилизация донных отложений, прежде всего из оросительной системы как наиболее загрязнённой части водных экосистем;

- использование способности водных экосистем к самоочищению от поллютантов путём отвода загрязнённых оросительных вод через водотоки, заросшие высшими водными растениями и с замедленным течением воды на пути к крупным водным объектам;

- систематический гигиенический мониторинг содержания поллютантов в поверхностной воде и оповещение местного населения об экстремальной экологической ситуации;

- безотлагательная разработка ПДК стойких поллютантов в донных отложениях водных объектов.

Пример юго-восточной части Азовского моря показывает, что высокий риск загрязнения морских прибрежных районов триадой стойких поллютантов — ДДТ, ГХЦГ и ПХБ — связан с существованием их импактной зоны на суше, а также со вторичным загрязнением водной массы из донных отложений. Токсическое действие на гидробионты может усиливаться в результате взаимодействия поллютантов с содержащимися в водной среде нефтепродуктами и синтетическими поверхностно-активными веществами. В этой связи особо следует отметить тот факт, что в будущем намечается освоение юго-восточной части Азовского моря с целью добычи углеводородного сырья. При поиске, разведке, добыче или транспортировке нефти и природного газа не исключены аварии, которые могут привести к загрязне-

нию моря углеводородами. В условиях грядущих событий вполне закономерно встаёт вопрос: не усугубится ли нынешняя экологическая ситуация в названной части моря?

Работа выполнена в рамках проекта № 06-05-64109, поддержанного грантом Российского фонда фундаментальных исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Klanova J., Matykiewiczova N., Macka Z., et al.* Persistent organic pollutants in soils and sediments from James Ross Island, Antarctica // *Environmental Pollution*. 2008. № 2.
2. *Конев Ю.В., Елецкий Б.Д., Акинин М.В., Тонкогузов И.С.* Экологическая политика ООО «НК «Приазовнефть» при разведке и эксплуатации месторождений нефти и газа в Азовском море // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2007. № 9.
3. *Семёнов А.Д.* Проблемы загрязнения Азовского моря пестицидами // *Экологический вестник России*. 2005. № 12.
4. *Эйхлер В.* Яды в нашей пище. М.: Мир, 1993.
5. *Клёнкин А.А., Павленко Л.Ф., Скрыпник Г.В., Корпакова И.Г.* Современная оценка нефтяного загрязнения юго-восточного района Азовского моря // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2007. № 9.
6. *Клёнкин А.А., Кораблина И.В., Корпакова И.Г.* Загрязнённость юго-восточного района Азовского моря тяжёлыми металлами и синтетическими поверхностно-активными веществами // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2007. № 10.
7. *Клёнкин А.А., Короткова Л.И., Корпакова И.Г.* Динамика загрязнения стойкими хлорорганическими пестицидами и полихлорбифенилами юго-восточного района Азовского моря // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2007. № 10.
8. *Клёнкин А.А., Корпакова И.Г.* Загрязнение приоритетными токсикантами промысловых рыб юго-восточной части Азовского моря // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2007. № 9.

DOI: 10.7868/S0869587314040057

Сейчас вопросы организации науки в стране оказались в центре внимания общественности. Очевидно, что в первую очередь это связано с принятием закона о РАН, которому уже дана всесторонняя оценка. Новый закон не только не способствует разрешению назревших проблем, но, пожалуй, их усугубляет. Что на самом деле нужно делать, чтобы наука в полной мере выполняла роль двигателя модернизации? Об этом размышляет автор публикуемой статьи, акцентируя внимание на организации и взаимосвязи фундаментальных и прикладных исследований в условиях, когда прикладная наука фактически ликвидирована.

## ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ РОССИИ И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУКИ

Н.И. Комков

Большинство населения России, представители властных структур и бизнеса связывают перспективы развития страны с устойчивым ростом экономики. Опыт промышленно развитых стран (США, страны Евросоюза, Япония, Китай и др.) свидетельствует о том, что построение и сохранение высокоэффективной экономики должно опираться на инновационные технологии. На успех влияют многие условия: форма собственности на средства производства, доступные ресурсы (запасы природных ресурсов, территория и её обустройство, население, наличие квалифицированных кадров, система их воспроизводства и др.), а также механизмы управления экономикой и регулирования общественных отношений.

Если с точки зрения соотношения частной и государственной собственности и наличия ресурсов Россия вполне соответствует стандартам развитых стран, то уровень управления экономикой, включая воспроизводственные процессы, регулирование отношений в сфере бизнеса и механизмы управления государственными компаниями, крайне низок. Среди насущных проблем, которые сформировались при переходе к рыночным

отношениям, выделяется распад двух воспроизводственных циклов: инновационного и производственного (схема 1). Инновационный цикл — это создание новых технологий, машин, оборудования, средств связи, материалов и систем управления. В условиях рынка и открытой экономики конкурентоспособность этой сферы требует непрерывного её развития за счёт получения и реализации новых знаний. Производственный цикл связан с увеличением объёмов и масштабов основных фондов, но в условиях российского рынка уровень их износа постоянно повышается [1]. Инновационный воспроизводственный цикл имеет ключевое значение в обновлении производственных фондов и обеспечении конкурентоспособности экономики. Однако в России этот цикл практически блокирован из-за утраты его обязательных звеньев и накопления своевременно нерешённых проблем. В результате сформировался ряд негативных тенденций.

Во-первых, если на мировых рынках цены на энергоресурсы и сырьё растут, а на многие товары и услуги, наоборот, снижаются, то у нас в стране последовательно растут цены и на то, и на другое. Причин много: стабильная инфляция, снижение курса рубля, рост тарифов на электроэнергию, газ, транспортные услуги, услуги ЖКХ и др.

Во-вторых, в период экономического кризиса промышленно развитые страны увеличивают финансирование в области инновационных технологий. В России расходы на инновации, напротив, снижаются как на государственном уровне, так и в частных компаниях.

В-третьих, промышленно развитые страны субсидируют инновационные технологии за счёт налоговых механизмов, финансируют вывод из эксплуатации устаревших и неконкурентоспособных технологий. В России из бюджетов разных уров-



КОМКОВ Николай Иванович — доктор экономических наук, заведующий лабораторией Института народно-хозяйственного прогнозирования РАН.  
komkov\_ni@mail.ru

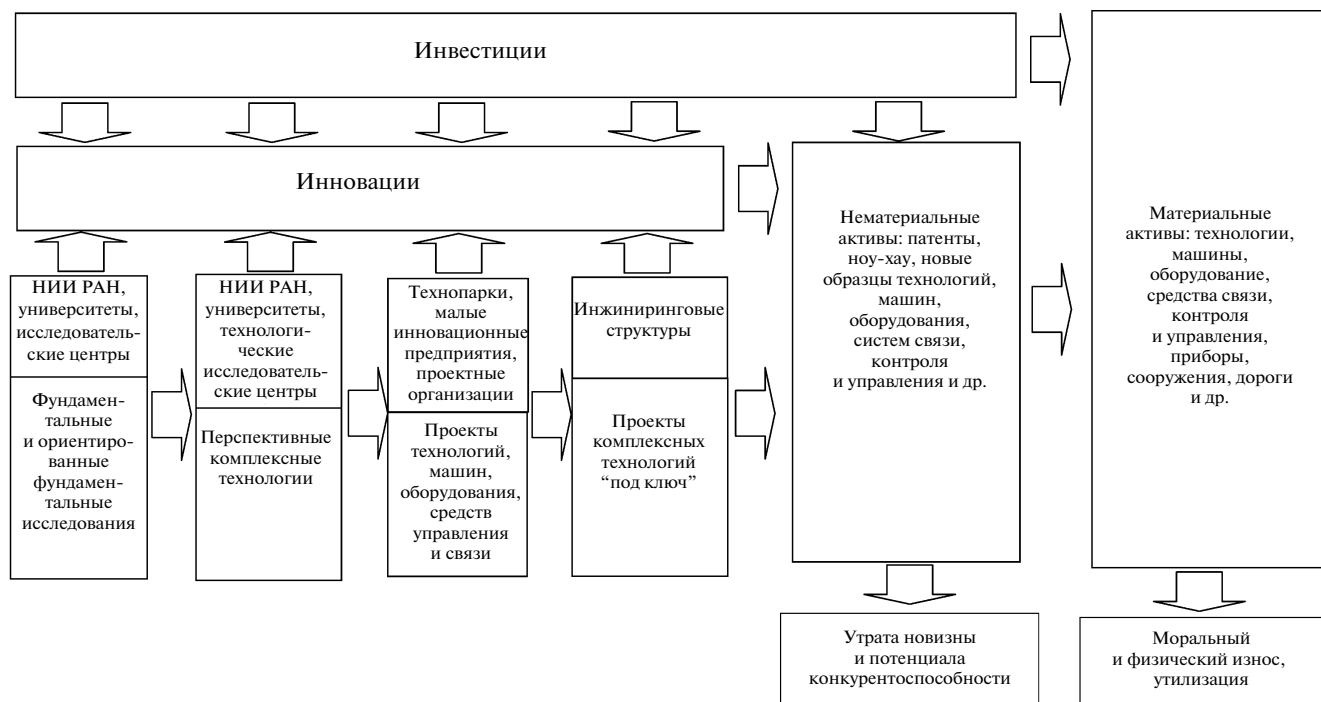


Схема 1. Инновационный и промышленный воспроизводственные циклы

ней выделяют денежные средства на эксплуатацию устаревших и экономически неэффективных технологий, обосновывая подобные решения интересами бизнеса и необходимостью сохранения рабочих мест в моногородах.

В-четвёртых, инвестиции в человеческий капитал промышленно развитые страны рассматривают как потенциально эффективные финансовые вложения, обеспечивающие перспективную отдачу при освоении новых технологий. В России экономия на финансировании научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) и образования стала нормой, что привело к ликвидации отраслевой и заводской науки, к снижению уровня подготовки в средней и высшей школе.

Проблему невосприимчивости отечественной экономики к инновациям Россия унаследовала от СССР, однако причины такой невосприимчивости несколько различаются. В условиях планово-директивной и дефицитной советской экономики состав товаров и услуг планировался на долгое время, а освоение новых технологий многим предприятиям при отсутствии конкуренции было экономически невыгодно и не в полной мере компенсировалось государством. Кроме того, растянутый инновационный цикл, наличие ведомственных барьеров при разработке, создании и освоении новых технологий замедляли темпы научно-технического прогресса в СССР и последовательно формировали отставание от промышленно развитых стран по таким показателям, как

энергоёмкость национального дохода, материалоёмкость экономики, производительность труда, уровень жизни населения [1–4].

Формирующаяся рыночная экономика России и её открытость для зарубежных товаров и услуг поставили российских производителей в сложное положение: потребительский спрос значительно упал, а конкурировать с мировыми поставщиками по качеству и ценам многие отечественные предприятия, в силу их отсталости, не могут. В условиях формирующегося рынка, особенно на начальных этапах реформ, наиболее естественной стала стратегия выживания, а не стратегия развития. Экономия затрат носила тотальный характер, сокращение выделяемых из прибыли средств на поиск перспективных путей развития стало обычной практикой, которая привела к резкому снижению затрат на НИОКР и ликвидации многих структурных подразделений заводской науки. Кроме того, несистемность и разрозненность инновационных решений, низкий уровень инновационного менеджмента обусловили неконкурентоспособность отечественных инноваций.

Статистические исследования проблем невосприимчивости новых технологий указывают на недостаток у предприятий собственных средств на НИОКР, их высокую стоимость и неготовность отечественных инновационных решений к реализации заказчиком “под ключ” [1, 2]. При этом многие предприятия рассчитывают на поддержку го-

сударства, поскольку только 30% из них стабильно получают прибыль, достаточную для развития и финансирования инновационных технологий. Отмечается также неостребованность на внутреннем рынке новых продуктов и услуг. Сохранившийся негативный советский опыт увеличения цен без учёта роста качества продукции, а также стабильная, но игнорируемая руководством страны инфляция обусловили медленное повышение качества товаров и услуг, не согласованное с увеличением цен на них. Эта тенденция сохранилась во многих товарных группах: продовольствии, транспортных услугах, тарифах на услуги ЖКХ, электроэнергию, газ, воду и др.

Нехватка средств на развитие и НИОКР, неконкурентоспособность отечественных инноваций и низкий внутренний спрос на новые продукты не стали препятствием для импорта зарубежных новых технологий, материалов и комплектующих, доля которого стабильно растёт после дефолта 1998 г. Следует отметить, что потенциал конкурентоспособности и располагаемые активы многих секторов экономики существенно отличаются друг от друга, что отражается на возможностях и масштабах импорта новых технологий [1–3]. При всей противоречивости тезиса о невосприимчивости российской экономики к инновациям неоспорим тот факт, что отечественные инновационные решения в большинстве своём недостаточно конкурентоспособны по стоимости воплощения “под ключ” и создаваемым на их основе преимуществам. Для преодоления сложившейся ситуации требуются системные меры: увеличение потенциала заказчика, то есть отечественных предприятий, повышение качества управления НИОКР и организационные решения по восстановлению потенциала воспроизводственного инновационного цикла.

В условиях рыночной экономики финансирование разработок и освоение новых технологий в промышленно развитых странах в основном осуществляет потребитель, то есть компании, которые используют инновации. Правительство РФ ошибочно скопировало зарубежный опыт и ускорило передачу ответственности за поиск и реализацию инноваций на потребителей и посредников в лице венчурных структур. Воссоздание разрушенного после ликвидации отраслевой науки потенциала разработок и внедрение новых технологий требуют значительных средств, времени и новых механизмов управления инновационными и инвестиционными проектами. Однако даже содействие государства созданию технопарков, венчурных структур и малых инновационных предприятий оказалось недостаточным для формирования в России эффективной инновационной инфраструктуры. Тому есть много причин:

- недостаток бюджетных средств;

- отсутствие финансовой поддержки и потребительского интереса российских компаний в отношении отечественных конкурентоспособных инновационных решений;

- высокая конкуренция со стороны промышленно развитых стран, поставляющих на российский рынок инновации в форме готовых к эксплуатации машин и оборудования, материалов, средств связи, компьютеров и др.;

- рыночная необоснованность инновационных решений.

Чтобы преодолеть подобные препятствия, необходимо прежде всего изменить механизм отбора инновационных программ и их практического освоения. Перспективные инновации, создающие основу конкурентоспособных технологических решений, формируются на стыке фундаментальных и теоретико-прикладных исследований, с одной стороны, и практических разработок, — с другой. При этом цели фундаментальных исследований, направленные на изучение природных и социальных процессов и объектов, трансформируются в цели прикладных исследований, которые ориентированы на создание и совершенствование процессов и объектов в интересах экономики и социального развития. В последние годы в промышленно развитых странах растёт доля фундаментальных исследований, цели которых совпадают или близки целям теоретико-прикладных разработок.

Границы между фундаментальными и прикладными исследованиями сильно размыты. Так, Л. Больцман утверждал, что “нет ничего практичнее, чем хорошая теория”, а многие известные учёные считают, что рано или поздно результаты фундаментальных исследований реализуются на практике. Возрастающие темпы научно-технологического развития накладывают свои требования на фундаментальные исследования, ориентируя их на цели теоретико-прикладных исследований. Одновременно наблюдается структурное изменение процесса трансформации результатов теоретико-прикладных исследований в практические разработки. Если в середине XX в. они во многом были независимы друг от друга, то к концу столетия системный подход, исследования операций и современные компьютеры обеспечили возможность их согласования, начиная с ранних стадий [5].

Российская академия наук всегда уделяла пристальное внимание практическому использованию научных результатов. В 1920–1930-е годы, в военные и послевоенные годы Академия наук СССР была лидером не только в фундаментальных, но и в прикладных исследованиях, академические учёные всегда активно участвовали в освоении инноваций. В 1960-е годы в СССР стремительно наращивался потенциал отраслевой науки, создавались заводские лаборатории и конструкторские бюро.

торские бюро, что было обусловлено ускорением мирового научно-технического прогресса (НТП). Это потребовало увеличения числа инженеров и конструкторов, занятых в сфере наращивания и освоения прикладного знания. Если в начале прошлого века учёные вместе с инженерами превращали новые знания в полезные человеку и обществу производственные процессы и машины, то в 1950-е годы постепенно перешли от конкретных производств в сферу конструирования и изготовления новых машин, оборудования, создания технологических процессов, материалов, приборов и т.д. Рост автоматизации производства, разработка систем контроля, учёта и управления в промышленно развитых странах привели к созданию практически полностью автоматизированных производств, повысили надёжность производственных процессов и сократили число обслуживающего персонала. Инженеры стали осваивать профессию конструктора и исследователя, в какой-то мере заменяя академических учёных.

На следующем этапе научно-технического прогресса — в 1980-е годы — в промышленно развитых странах эксплуатация проектируемых систем осуществлялась с минимальным инженерным обеспечением. В СССР низкий уровень оплаты труда и установка на полную занятость трудоспособного населения не стимулировали развитие автоматизации, а квалифицированные инженеры из-за низких инженерных ставок были вынуждены занимать должности квалифицированных рабочих. Низкая производительность труда в сфере проектирования и несистемность проектных решений тормозили НТП и приводили к накоплению в экономике неэффективных и расточительных технологий, оказавшихся неконкурентоспособными в условиях рынка.

Во второй половине XX и начале XXI в. процесс перехода от фундаментальных знаний к прикладным исследованиям, а затем к инновационным решениям и их практическому освоению претерпел значительные изменения, которые проявились в увеличении затрат на завершающие стадии инновационного цикла. Так, если в 1970–1980-е годы соотношение расходов на фундаментальные, прикладные исследования и освоение составляло 1 : 10 : 100, то на рубеже нового столетия оно несколько изменилось и приблизилось к 1 : 12–15 : 120–150. Одновременно возросли потери при использовании в практических разработках неэффективных инноваций.

Поиски эффективных форм ускорения НТП в СССР в середине 1980-х годов привели к созданию межотраслевых научно-технических комплексов (МНТК), в состав которых обычно входили научно-исследовательские организации, подчинявшиеся АН СССР и отраслевым министерствам, опытные производства и в ряде случаев предприятия, выпускающие серийную продукцию [6].

Создание МНТК должно было способствовать решению следующих задач:

- за счёт организации общей системы управления предполагалось преодолеть ведомственные барьеры, масштабы которых резко возросли во второй половине XX в.;
- предусматривалась концентрация финансовых, межотраслевых и кадровых ресурсов на приоритетных направлениях НТП;
- обязательное включение в состав МНТК научно-исследовательских центров должно было обеспечить регулярное получение новых технологических решений, которые затем с помощью других звеньев МНТК воплощались бы в машины, материалы, услуги.

Всего с 1985 по 1988 г. в СССР было образовано 23 МНТК на основе методических материалов и нормативных документов в форме Типового положения об МНТК и постановлений Совета министров СССР. По замыслу, архитектура МНТК в определённой степени копировала структуру современных крупных компаний промышленно развитых стран, многие из которых имеют в своём составе исследовательские центры, проектно-конструкторские подразделения, опытное и серийное производство. При этом развитое компьютерное проектирование и наличие испытательных стендов существенно сокращают сроки разработки и освоения новых продуктов, предъявляя жёсткие требования к конкурентоспособности предлагаемых собственными исследовательскими структурами либо приобретаемых инновационными решениями. Некоторые из созданных в СССР МНТК просуществовали почти до начала XXI в. (например, МНТК “Нефтеотдача” и МНТК “Микрохирургия глаза”), но в большинстве своём были упразднены в 1990-е годы в связи с рыночными реформами и ликвидацией многих отраслевых министерств и ведомств.

Инновационные продукты в СССР делились на группы: машины и оборудование, технологические процессы, материалы, приборы и средства измерения, объекты и др. [1]. Объединение их во взаимосвязанные производственные цепочки выполнялось разными проектными организациями. В мировой практике ещё в 1980-х годах подготовка и передача потребителю инновационных решений осуществлялась в форме комплексных организованных технологий, составной частью которых является собственно технология перевода продуктов из начального состояния в завершённое в рамках полного технологического цикла — от добычи и переработки сырья до обработки и изготовления конечного продукта [1–3]. Комплексная технология включает машины и оборудование, организованный труд и систему управления. От её потенциала и согласованности её компонентов зависят потери продуктов, а также эффективность, в том числе удельные энерго- и



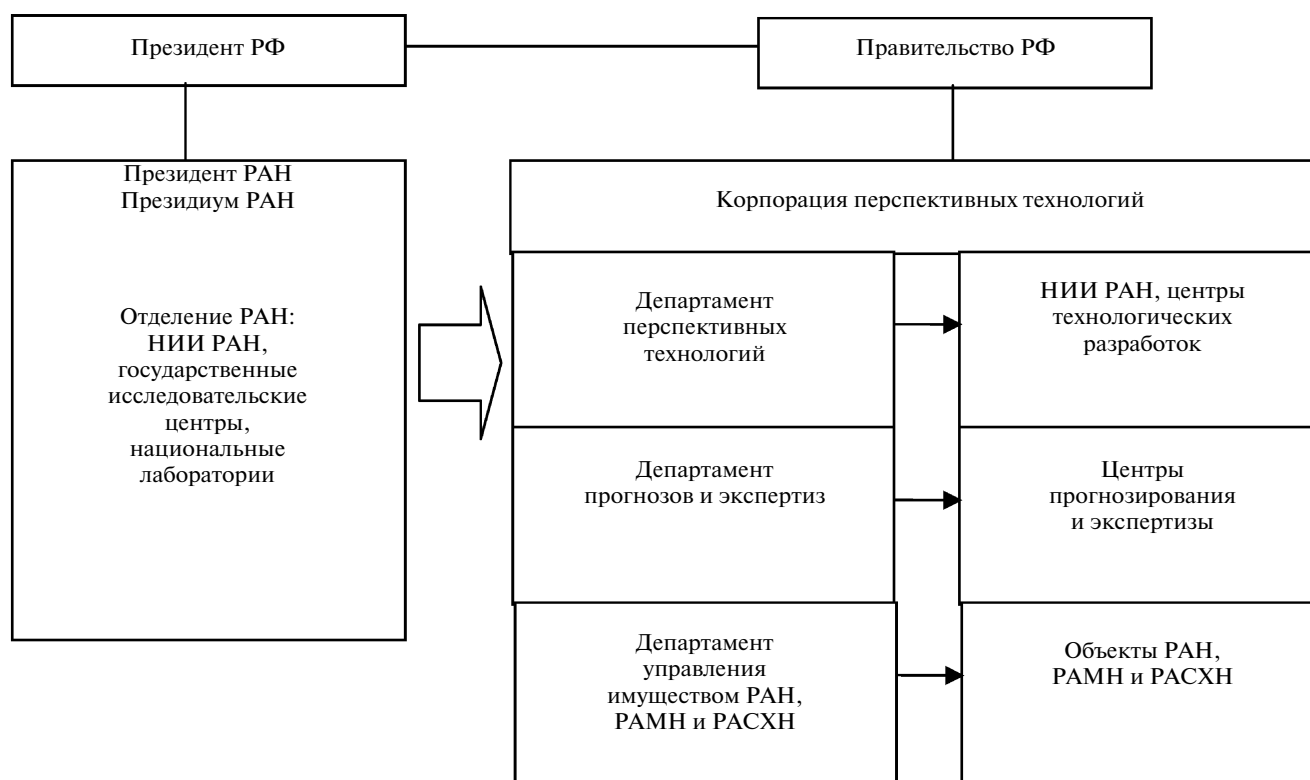


Схема 2. Реорганизация РАН

материальные затраты и трудоёмкость технологий. Объединять необходимые компоненты в технологию на завершающих стадиях инновационного цикла возможно только на основе уже разработанных и готовых к эксплуатации звеньев технологий. В СССР эти функции были вынуждены брать на себя сами предприятия, осваивая в течение нескольких лет потенциал новых технологий.

Если в середине прошлого века в промышленно развитых странах организованные технологии разрабатывались инжиниринговыми центрами, а в СССР – самими промышленными предприятиями, то в конце XX в. постепенно первоначальное проектирование стало осуществляться исследовательскими центрами и проектными структурами. Чтобы приблизиться к стандартам современной организации инновационного воспроизводственного цикла и достичь конкурентоспособного уровня, России необходимо усилить инженерные проектные возможности новыми эффективными решениями.

Для преодоления сложившихся проблем в инновационном развитии экономики целесообразно использовать весь отечественный потенциал, значительная часть которого сосредоточена в РАН. Попытки ускоренного наращивания инновационного потенциала за счёт массового привлечения к науч-

но-исследовательской работе преподавателей университетов предполагают большие затраты и устранение противоречий между преподавательской и научной работой. Возможности, которыми располагают университеты США и стран Евросоюза по освоению и практическому применению результатов исследований, в значительной степени основаны на финансовой и организационной поддержке университетских технопарков, оказываемой крупными компаниями [3]. Ресурсы большинства российских компаний, работающих в сфере высоких технологий, недостаточны для массового ускоренного стимулирования НИР в университетах, накопление которыми исследовательского потенциала можно ожидать только через 15–20 лет при условии скоординированной поддержки Правительства РФ, представителей бизнеса и Российской академии наук.

Противопоставление университетов и РАН основано на искусственном разделении науки и преследует политические цели отдельных группировок. Вместо этого следовало бы максимально использовать потенциал РАН как для обучения студентов, создавая базовые кафедры в профильных НИИ академии, так и для разработки конкурентоспособных инновационных решений. В условиях распада российской отраслевой науки двигателем инновационного развития должна

стать академическая и вузовская наука. Повышение конкурентоспособности отечественных технологий предполагает становление частно-государственного партнёрства, поддержку и участие коммерческих организаций, различных фондов. Источником средств для стабильного финансирования могут служить государственные бюджеты разных уровней, средства предприятий и частные вложения.

В проекте “Закона о реформировании РАН” сформулирована основная цель реформ — освободить учёных от забот по управлению имуществом. В действительности этот посыл, как и сама реформа, крайне сомнителен, поскольку сейчас имуществом распоряжаются чиновники в составе академии, не занятые научными исследованиями. Учёные — а их более 40 тыс. — имуществом не занимаются. Цель реформы должна быть другой — создание условий для повышения эффективности использования научного потенциала академии в интересах инновационной модернизации экономики России.

Недопустимо, чтобы реформа РАН снизила потенциал фундаментальных исследований, её задача — возместить утраченную в 1990-х годах отраслевую науку. Для этого целесообразно выделить в структуре Академии наук две взаимосвязанные части: собственно РАН, управляющую институтами и выполняющими фундаментальные и поисковые исследования лабораториями, и корпорацию перспективных технологий, в которой должны быть сосредоточены институты и лаборатории, занятые главным образом разработкой перспективных и конкурентоспособных технологий (схема 2). РАН, как общественно-государственная структура, должна подчиняться Президенту России, а корпорация — Правительству РФ и президенту РАН. В состав академии следует включить только институты собственно Академии наук и лаборатории РАН и РАСХН, выполняющие фундаментальные исследования. Основная часть институтов РАН, РАСХН и экспертно-прогностические центры должны войти в корпорацию.

Главный принцип такого разделения — цели исследований. Для фундаментальных и поисковых работ цели определяются логикой развития науки, которая задаётся результатами предшествующих изысканий и корректируется прогнозными оценками учёных, то есть цели фундаментальных исследований определяются процессом познания окружающего мира и общества. Цели прикладных исследований обосновываются, исходя из необходимости создания и совершенствования объектов и процессов, управляемых обще-

ством. В наиболее общем виде они определяются технологиями, которые представляют собой организованные способы превращения ресурсов и промежуточных продуктов в товары и услуги, потребляемые человеком, поэтому важным звеном является разработка и создание перспективных технологий. Их целесообразность обусловлена потребностью совершенствования практических объектов, включая создание новых. Таким образом, цели, а следовательно, и проекты фундаментальных исследований должны формировать сами исследователи, опираясь на собственный и мировой опыт, с учётом состояния отечественной экономики. Определение целей и проектов перспективных технологических разработок — задача учёных и сотрудников корпорации перспективных технологий.

\* \* \*

Модернизации экономики России на инновационной основе нет альтернативы. Если начальный этап модернизации реализуется благодаря импорту технологий, то дальнейшее развитие предполагает активное использование отечественного инновационного потенциала, иначе страна останется на уровне технологически развитой колонии. Инновационный потенциал России, опирающийся на фундаментальные исследования, в основном сосредоточен в Российской академии наук. Его реорганизация должна осуществляться в интересах страны, её процветания в будущем.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Инновационно-технологическое развитие экономики России: проблемы, факторы, стратегии, прогнозы. М.: Макс-Пресс, 2005.
2. Проблемы и перспективы технологического обновления российской экономики. М.: Макс-Пресс, 2007.
3. Прогнозирование перспектив технологической модернизации экономики России. М.: Макс-Пресс, 2010.
4. Прогноз технологического развития экономики России с учётом новых мировых интеграционных процессов: содержательные, экономические и институциональные аспекты. М.: Макс-Пресс, 2010.
5. *Балаян Г.Г., Дмитриевский А.Н., Комков Н.И.* Время малых приращений миновало // Вестник АН СССР. 1989. № 1.
6. *Горбатенко Н.Г., Комков Н.И., Фигуркова И.И.* Анализ и пути развития МНТК как новой организационно-экономической формы интеграции науки и производства. М.: МНИИПУ, ИЭП НТП АН СССР, 1991.

## ДИСКУССИОННАЯ ТРИБУНА

DOI: 10.7868/S0869587314040069

Предлагаемая на этот раз в нашей “боевой” рубрике статья затрагивает чувствительную для каждого из нас тему — тему русского языка как носителя национального самосознания. Язык стал ареной ожесточённых споров, в которых, как говорится, все средства хороши. Нередко нам внушается идея некой ущербности русского языка, а значит, нашего коллективного “недомыслия”.

Автор публикуемой статьи, не поддаваясь полемическому задору, убедительно и академично доказывает неправомерность утверждений о деградации русского языка, настаивает на его способности к саморазвитию и обновлению.

## СЛОВО В ЗАЩИТУ РУССКОГО ЯЗЫКА И РУССКОЙ ЛЕКСИКОГРАФИИ

Л.Е. Кругликова

25 июля 2006 г. в “Российской газете” было опубликовано интервью с М.Н. Эпштейном (выпускник филологического факультета МГУ, с 1990 г. жил и работал в США, с 2012 г. — в Великобритании) под броским заголовком “Нет слов... В нашем лексиконе в семь раз меньше слов, чем в английском языке”. Подобная информация распространяется им до настоящего времени на страницах газет и журналов, в радио- и телепередачах, в Интернете, в том числе на сайтах для учителей и учеников. Ещё одна навязчивая его мысль — переделка грамматического строя русского языка на английский манер. О том, что это лингвистическая химера, сказано в блестящей статье Л.Г. Яцкевич [1], в которой автор развенчивает попытку М.Н. Эпштейна превратить непереходные глаголы в переходные. Дело дошло до того, что после статьи М.Н. Эпштейна “Русский язык: система и свобода” [2] на сайте в Интернете помещён следующий призыв: «Если домашнее задание на тему “Русский язык: система и свобода” оказалось вам полезным, то мы будем вам признательны, если вы разместите ссылку на это сообщение у себя на страничке в вашей социальной сети» [3].

Основная мысль, которую проводит М.Н. Эпштейн в отношении русского языка, сводится к

тому, что “наряду с депопуляцией страны происходит делексикация её языка, обеднение словарного запаса” [4, с. 192], что русский язык по сравнению с английским ущербен, ибо “можно ли сравнивать: 750 тысяч — и 150 тысяч (а если без лексикографических приписок, то всего лишь 40–50 тысяч)!” [2, с. 206]. На этом основании делается вывод о, мягко говоря, недомыслии носителей русского языка: “Порой создаётся впечатление, что русский язык прикладывает тыльную сторону ладони к тем предметам, которые английский досконально ощупывает кончиками пальцев. Ощущение мира более смутное, общее, расплывчатое, чем в английском. То ли звенит в голове, то ли мурашки по коже. Вот о чём нужно бить тревогу: насколько русский язык в нынешнем своём состоянии позволяет производить работу мысли, необходимую для полноценного включения в ноосферу XXI века, для концептуального воздействия на умы и информативного взаимодействия с другими языками” [там же].

Специалист из США, редактор множества словарей английского языка Сидней И. Ландау справедливо замечает: «На вопрос, сколько слов в английском языке (заметим от себя: и в русском языке. — Л.К.), нельзя ответить никаким удовлетворительным способом. Это зависит от того, что каждый подразумевает под “словами” и “английским языком”» [5, с. 18]. Он подчёркивает: “Так как объём словаря изменяется от языка к языку, число входов<sup>1</sup> в словаре — мерка только его относительного объёма по сравнению с другими словарями



КРУГЛИКОВА Людмила Евгеньевна — доктор филологических наук, ведущий научный сотрудник Словарного отдела Института лингвистических исследований РАН.  
lekhospb@mail.ru

<sup>1</sup> Под терминами *вход* (*entry*), а также *главный вход* (*main entry*), *заголовочное слово* (*head-word*), используемыми в переводимых мною цитатах зарубежных авторов, в английском языке понимается то, что в русском языке обычно называется *заголовком словарной статьи*. Различаются также термины *главный вход* и *подчинённый вход* (*sub-entry*). Под последним понимается заголовок внутри словарной статьи.

того же самого языка» [5, с. 17]. Далее он перечисляет вопросы, которые встают при определении числа слов в языке: «Включать все вышедшие из употребления слова и все формы (или особенно-сти правописания) каждого из них? Если допускать лексические единицы, которые больше, чем слова, как разграничивать их? Как мы определим *слово*? Имена собственные будут считаться словами? Являются сложными словами образования, подобные *pull toy*?» [там же].

Аналогичную мысль об объёме словаря, ссылаясь на работу Й. Малкила [6, с. 8], высказывает известный лексикограф, профессор Иллинойского университета (США), действительный член Американской академии наук и искусств, чех по национальности Л. Згуста: «Это — одно из тех измерений, где никакие точные формулировки, но только «импрессионистские оценки» (как Малкил называет их) возможны: объём не более чем величина, и поэтому число входов словаря, в цифрах как будто бы точное, является всего лишь приблизительным показателем его информативной мощи. Очень многое зависит от того, что понимается под самим входом. Намного более важным, чем констатация абсолютного числа входов, было бы указание на то, как огромная часть всего лексикона (запаса лексических единиц) представлена в словаре; даже сформулированный этим более правильным способом объём словаря не может быть обозначен точно, потому что действительная ценность словаря остаётся неизвестной» [7, с. 216, 217].

Между тем, умышленно создавая видимость истины, М.Н. Эпштейн основывает свои доказательства прежде всего на сравнении данных о количественном составе языковых единиц в словарях русского и английского языка, причём разного типа. Если использовать английскую лингвистическую терминологию, то можно говорить о словарях дескриптивных, то есть описательных, стремящихся отразить абсолютно всё, что есть и было в данном языке, и прескриптивных, предписывающих, дающих норму употребления слов. Взятый им для сравнения самый полный словарь английского языка «Oxford English Dictionary» относится к словарям первого типа, а «Большой академический словарь русского языка» — к словарям второго типа. Производить сравнение словарного состава языков на основании словарей разного типа было бы простительно неспециалисту, но сугубо непрофессиональные высказывания из уст филолога, получившего университетское образование, слышать странно.

При сопоставлении количества слов в словарях, кроме того, что надо брать однотипные словари, необходимо ещё исходить из одних и тех же критериев. В частности, в толковых словарях русского языка, создаваемых отечественными лингвистами, подсчёт слов ведётся по количеству сло-

варных статей, заголовком которых выступает то или иное слово и ничего больше. Издательство «Oxford University Press» при указании объёма лексического материала в словаре обычно имеет в виду количество не только слов, но и других языковых образований, что, на мой взгляд, является не чем иным, как рекламным трюком с целью привлечения покупателей обилием содержащегося в словаре материала (по такому пути пошли в настоящее время и некоторые наши недобросовестные издатели). Например, на сайте Оксфордского словаря [8] относительно четвёртого издания «Oxford Russian Dictionary» (двухязычного русско-английского словаря, дающего возможность перевода и с английского языка на русский), датированного 2007 г., говорится, что в нём более 500 000 слов, выражений и переводов. На суперобложке помещена информация о том, что в словаре содержится свыше 350 000 слов, выражений и значений [9]. В словарь включены имена собственные, причём как всем известные (например, *Raphael*), так и быстро забываемые (например, *Rao* «индийский государственный деятель, премьер-министр 1991–1996; полное имя Памулапати Венката Нарасимха Рао»), что нехарактерно для толковых словарей русского языка. Но даже если указаны только слова, это тоже может ничего не значить. Так, профессора Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе (США) Р.П. Стоквел и Д. Минкова пишут: «Рекламные объявления на обложках различных словарей могут декларировать, что словарь содержит «больше, чем» 200 000 слов, но это трудно определить. Всё, что можно подсчитать, — это «входы», или «заголовочные слова», но даже это оказывается ненадёжным, потому что то, что является заголовочным словом в одном словаре, может быть подчинённым — упомянутым ниже главного входа — в другом» [10, с. 178].

Итак, попытаемся доказать, что слова М.Н. Эпштейна, внешне завуалированные под объективность, не соответствуют истине, что ни о каком лексическом оскудении русского языка не может быть и речи.

Оксфордский словарь английского языка «Oxford English Dictionary» (OED) выдержал три издания. Работа над первым изданием началась в 1858 г. Словарь выходил с 1884 по 1928 г., в нём было 12 томов, насчитывавших около 252 500 заголовочных слов. В 1989 г. вышло второе издание словаря в 20 томах. Как отмечается в предисловии, в нём приблизительно 290 500 слов [9, р. XXIII]. Чтобы сделать электронную версию, 120 операторов набирали текст в течение 18 месяцев, более 50 корректоров осуществляли его проверку. Третье издание словаря, работа над которым началась в 1993 г., стало доступным для пользователей Интернета в марте 2000 г. Работа над ним продолжается и предположительно будет закончена в

2018 г. Лексикографическая подготовка проходит в Оксфорде (Великобритания) и Нью-Йорке (США), более 70 редакторов заняты обновлением текста словаря для третьего издания, которое будет опубликовано только в электронном варианте. Раз в квартал в него вносятся дополнительные информация, причём не только добавляются новые слова, но и пересматривается старый материал в соответствии со строгими стандартами современной исторической лексикографии.

Так, в марте 2013 г. (за первый квартал) Оксфордский словарь пополнился 98 словарными статьями, было внесено также 287 дополнений, выступающих в качестве подразделов в уже существующих самостоятельных статьях. При этом 2 слова (*serious*, *seriousness*) из вновь внесённых 98 давно уже вышли из употребления — они использовались в XV в. Последняя фиксация возникшего в 1644 г. слова *credential* относится к 1900 г., слово *audist*, впервые отмеченное в 1896 г., после 1924 г. не использовалось, словосочетание *herb of Paraguay* ‘растение матэ, *Ilex paraguariensis*’ даётся с пометой “историческое и редкое”: примеры его употребления относятся к периоду 1672–1922 гг. Время появления 55 образований датируется XX в., из них только 2 стали известны после 1989 г., когда вышло в свет второе издание OED: *Blue Dog* ‘консервативный демократический политик’ (по наименованию картины Джорджа Родриго, художника из штата Луизиана, которая встречалась в офисах местного конгрессмена) — с 1995 г., *defriend* “удалить (человека) из списка друзей или контактов на сайте социальной сети” — с 2004 г. Так что пополнение OED происходит главным образом за счёт ранее не зафиксированных образований, причём подавляющее большинство вновь вводимого в словарь материала (71 образование из 98) представляет собой термины. Заметим, что доля терминов в толковых словарях английского языка чрезвычайно велика, в них включены абсолютно все термины, даже те, которые известны лишь узкому кругу специалистов, что, на мой взгляд, неправомерно, так как за информацией из какой-либо области науки, техники, культуры и т.п. обращаются к специализированным словарям, а не к словарям общего типа. Так, по подсчётам Л.П. Ступина, около 20–25% слов в словаре [12] относится к узкоспециальной терминологии [13, с. 127].

По информации с сайта Оксфордского словаря [8], сегодня словарь включает более 600 тыс. слов. Как появилась эта цифра? Заметим, что уже относительно объёма второго издания OED информация разнится. Вышеприведённые сведения о количестве слов (290 500) взяты из предисловия ко второму изданию словаря. А на сайте OED при ответе на вопрос пользователя: “Сколько слов в английском языке?” — даётся следующий ответ: “Второе издание 20-томного Оксфордского слова-

ря английского языка содержит полные записи для 171 476 слов, используемых в настоящее время, и 47 156 вышедших из употребления слов. К этому можно добавить около 9500 производных слов, входящих как вложенные элементы”. Надо полагать, что эта информация более точная, так как для подсчётов, по всей видимости, привлекался компьютер. Итого: 218 632 слова, если учитывать только заголовки словарных статей, а если ещё и производные внутри них, то 228 132 слова. Если не включать полностью вышедшие из употребления слова, а таковыми в OED считаются те, которые ни разу не встретились после 1900 г., то получим 180 976 употребительных в XX в. слов английского языка (в качестве временного среза выступает 1989 г. — время выхода в свет второго издания словаря).

Если отталкиваться от того, что за первый квартал 2013 г. появилось 98 словарных статей, получим, что в среднем в год добавляется по 400 слов (это при том, что к числу слов мы отнесли все новые словарные входы, включая и образования типа *Blue Dog*, *game point*, *herb of Paraguay*, которые даются в OED в виде самостоятельных словарных статей). Над третьим изданием Оксфордского словаря специалисты работают 20 лет, за это время он пополнился приблизительно 8000 словарных статей. Добавив их к количеству слов во втором издании — 228 132 получаем приблизительно 236 000 слов английского языка как бытующих сейчас, так и полностью вышедших из употребления. Откуда же на сайте OED появилась цифра — 600 000 слов? По всей видимости, в данном случае в расчёт брались не только слова. В предисловии ко второму изданию словаря говорится, что в нём содержится 290 500 заголовочных слов, 157 000 словосочетаний, идиом и дериватов и 169 000 фраз и комбинаций, в сумме это составляет около 616 500 образований разного типа. Данная информация отличается от той, которой оперирует М.Н. Эпштейн: “Для сравнения: в июне или июле (2006 г. — Л.К.) в английский язык, по подсчётам лингвистов, придёт миллионное слово” (Российская газета. 2006. 25 июля).

Подтверждением нашего предположения служит информация С. Ландау о пагубном влиянии американской лексикографии на британскую: для американской характерно указание на максимальное количество входов даже в ущерб истине, чему стала следовать и британская лексикография. Далее Ландау рассказывает следующий эпизод из своей жизни: “Однажды критик даёт мне задание для маленького типа моего словаря, а вскоре хвалит чёткий тип словаря конкурента, который имел то же самое число входов, что и мой словарь. Почему, удивлялся он, мы не могли произвести сравнимую работу? Ответ: мы воздержались лгать о числе входов, тогда как наш конкурент заявил о по крайней мере на 25 процентов

большем числе входов, чем фактически было в его словаре” [5, р. 84, 85].

Ещё раз подчеркнём: в Оксфордском словаре отражены все разновидности национального языка, в него включаются как бытующие сейчас, так и полностью вышедшие из употребления образования.

В России в XX в. пошли по пути создания словаря, который с достаточной полнотой отражал бы литературный русский язык (заметим, что появившиеся в XVIII в. нормативные словари русского языка и английского языка содержали примерно одинаковое число слов — 43000 и около 40000 соответственно). Лексика других разновидностей национального языка размещена в отдельных словарях. Например, территориальные диалекты являются объектом описания в создаваемом сотрудниками Института лингвистических исследований РАН “Словаре русских народных говоров” под редакцией Ф.П. Филина, 46 томов которого вышли из печати (издание продолжается). Для доказательства уменьшения числа слов в русском языке нашего времени по сравнению с XIX в. М.Н. Эпштейн упоминает знаменитый словарь В.И. Даля, впервые опубликованный в 1863—1866 гг., который соединяет в себе “язык образованный” (термин В.И. Даля определяет то, что в русистике сейчас называется литературным языком, а в английском языкознании — стандартным языком) и “народный язык” — слова народных говоров, различных промыслов и ремёсел. В словаре В.И. Даля, насчитывающем свыше 200000 слов, отражаются употребительные на тот момент языковые образования. Недаром его труд называется “Толковый словарь живого великорусского языка”.

Точкой отсчёта для современного русского литературного языка является эпоха Пушкина. Лексический состав языка более ранних периодов фиксируют отдельные словари: “Словарь русского языка XVIII века” (вышло 19 томов), “Словарь русского языка XI—XVII вв.” (вышло 29 томов), “Словарь древнерусского языка (XI—XIV вв.)” (вышло 9 томов). Издание всех этих словарей продолжается.

На многотомном словаре современного русского литературного языка надо остановиться особо, тем более что в отношении него М.Н. Эпштейн допускает неточности. Словарь издавался с 1948 по 1965 г., состоит из 17 томов, содержащих 120480 слов. В научных кругах он получил наименование БАС — Большой академический словарь, а изданный на его основе “Словарь русского языка” в 4 томах — Малый академический словарь, или МАС. Вот почему начавший издаваться в 2004 г. новый академический словарь русского языка было решено не мудрствуя лукаво назвать “Большой академический словарь русского языка” (сокращённо БАС). В 1970 г. “Словарь совре-

менного русского литературного языка” был удостоен высшей правительственной награды страны того времени — Ленинской премии. В 1975 г. было принято решение о его переиздании. В 1991—1994 гг. вышло 6 томов переработанного и дополненного второго издания словаря (заявленный объём — 20 томов). В связи с изменением политической ситуации в стране, отсутствием финансирования издание было прекращено. Вместе с тем работа по сбору и обработке материала продолжалась, хотя и не столь активно, как раньше, ввиду сокращения числа учёных в системе Академии наук. Результатом явился “Большой академический словарь русского языка”, издающийся с 2004 г. по распоряжению Президиума РАН. В настоящее время вышло из печати 22 тома. Предполагается выпустить 33 тома, заявленный объём словника словаря — более 150000 слов.

Из таблицы видно, что английский язык обладает в несколько раз большими возможностями для создания новых слов и значений, чем русский, а также в десятки раз лучшими условиями для его лексикографирования. Но, несмотря на это, и сам русский язык, и русская лексикография ни в коей мере не проиграли английским.

Теперь прокомментируем неизвестно на чём базирующиеся слова М.Н. Эпштейна: “Если английский язык в течение XX века в несколько раз увеличил свой лексический запас, то русский язык, скорее, потерпел убытки” [4, с. 193]<sup>2</sup>. Чтобы подсчитать количество слов, употребительных в национальном русском языке сейчас, надо к более чем 150000 слов литературного языка в ныне издаваемом БАС добавить свыше 250000 диалектных слов из “Словаря русских народных говоров” [14], несколько десятков тысяч специальной терминологической лексики (например, только “Словарь лингвистических терминов” [15] содержит около 7000 единиц), жаргонную лексику (так, в словаре [16] 25000 слов), имена собственные (в БАС, в отличие от OED, даются только имена собственные приобретшие нарицательное значение), обценную (нецензурную) лексику, а также потенциальные слова (типа постоянно используемого в телевизионной рекламе *сникерсни*). В результате оказывается, что в современном русском языке никак не меньше 600000 слов.

После 1965 г., когда было завершено издание “Словаря современного русского литературного языка” в 17 томах, наш язык значительно попол-

<sup>2</sup> Вышедшее в 1989 г. второе издание OED интегрировало 12 томов первого издания и 4 тома дополнений, изданных в 1972, 1976, 1982, 1986 гг. Было также добавлено 5000 ранее не зафиксированных слов и значений, то есть можно говорить о том, что прирост за 3 года составил 5000 слов и значений, включая и мёртвые. Для сопоставления: создаваемые в Институте лингвистических исследований РАН ежегодники новых слов и значений за 1986, 1987, 1988 гг. фиксируют не менее 8000 такого рода образований.

## Различия между двумя крупными словарями

Оксфордский словарь английского языка	Большой академический словарь русского языка
Отражает лексику всего языка, то есть совокупность всех слов, грамматических форм, особенностей произношения жителей всех стран, для которых английский язык является официальным	Отражает лексику литературного языка, исключая другие разновидности национального языка (диалекты, жаргоны, профессионализмы*
Включает слова, употребляемые не только теми, кто живёт в Великобритании и Соединённых Штатах Америки, но также и в Ирландии, Австралии, Новой Зеландии, Канаде, странах Карибского бассейна, Индии, Сингапуре, Филиппинах и Южной Африке	Включает слова, употребляемые жителями одной страны
Английским языком как родным пользуются около 410 млн. людей, а в качестве второго — около 1 млрд. человек	Русским языком как родным пользуются 160 млн. человек, а как вторым языком (преимущественно в странах СНГ и Балтии) или знают его как иностранный (в странах дальнего зарубежья) — свыше 114 млн. человек
Включает как ныне употребляемые, так и мёртвые, полностью исчезнувшие из обихода слова	Включает ныне употребляемые слова активного и пассивного запаса**
Отражает лексику почти за тысячелетие (с 1150 г.)	Отражает лексику за последние 200 лет
В качестве заглавных слов словарной статьи могут выступать устойчивые словосочетания с неразложимым значением, а значит, и они входят в подсчёт общего числа содержащихся в словаре языковых единиц, что значительно увеличивает количественный состав языка	В качестве заглавных слов выступают только самостоятельные слова. Устойчивые словосочетания разрабатываются в словарной статье на соответствующее слово
Находят отражение абсолютно все термины, встречающиеся в письменных текстах	Находят отражение научно-технические термины, широко употребляющиеся в языке, узкоспециальные не включаются
В словарь входят многие имена собственные	Даются только те имена собственные, которые приобрели нарицательное значение
Включает все слова, в том числе и те, которые воспринимаются как “нехороший английский язык”	Не включает вульгаризмы, грубые бранные слова и выражения
Над словарём работают 78 лингвистов (плюс 46 внештатных сотрудников), а также 200 консультантов, большой штат программистов, сотрудников, занятых планированием и управлением, маркетингом, популяризацией словаря	Над словарём работают 5 лингвистов (плюс 3 совместителя) и несколько сотрудников издательства
Работа полностью компьютеризирована, подготовлена специальная компьютерная программа	Работа осуществляется как вручную, так и на компьютере, электронная база создана одним человеком без дополнительных финансовых затрат и стала доступна только в 2008 г.
Финансирование составляет 510–600 млн. руб., или 17–20 млн. долл. в год. Кроме того, предварительно на работу по созданию компьютерной программы и ввода текста в компьютер потрачено 67 млн. долл. за 5 лет	Финансирование составляет около 6 млн. руб. в год, или 200 тыс. долл. (зарплата составителей БАС и работников издательства, а также издание двух томов словаря в год)

\* В БАС нашли место отдельные слова ограниченного употребления: профессиональные, диалектные и очень редко жаргонные, в частности те из них, которые достаточно широко используются в художественной и научно-популярной литературе.

\*\* Старинные слова, то есть полностью вышедшие из употребления, находят отражение в других словарях русского языка.

нился. В предисловии к начавшему издаваться в 2004 г. “Большому академическому словарю русского языка” говорится о предполагаемых 150 000 слов русского литературного языка в нём, что свидетельствует о приросте нашего литературного языка за последние десятилетия по крайней мере на 30 000 слов. Но объём словаря по сравнению с заявленным окажется значительно

большим, так как применение компьютерных технологий (наряду с использованием хранящейся в Санкт-Петербурге в Институте лингвистических исследований РАН Большой словарной картотеки, насчитывающей свыше 8 млн. словоупотреблений) дало возможность выявить новые языковые единицы, которые выпали из поля зрения при традиционной выборке материала.

К тому же надо учесть, что в соответствии с принятыми в БАС принципами в одной словарной статье с прилагательными разрабатываются отдельные разряды производных от них наречий. Многие сложные слова с частотным корневым элементом, которые образуются стереотипно, не получают разработки в самостоятельной словарной статье. В этом случае указывается корневая часть (например, *авиа...*, *десяти...*, *еже...*, *жизне...*, *милли...*, *полу...*), её значение и приводится в качестве примера ряд слов. Чтобы представить количество языковых единиц, не выделенных в самостоятельную словарную статью, приведём лишь один факт. Сотрудник Института лингвистических исследований РАН, где создаётся БАС, А.Ю. Кожевников в сетевом источнике Интегрум ([intergum.ru](http://intergum.ru)), представляющем собой постоянно пополняемую электронную базу российских периодических изданий, выявил более 500 имён существительных, образованных при помощи префиксоида *полу...* от наименований лиц по национальности, гражданству, месту проживания, отношению к какой-либо этнической группе или расовой принадлежности [17, с. 287]. При этом в БАС в самостоятельной словарной статье не отражено ни одной такой единицы, а значит, они не попадают в подсчёт общего количества слов в словаре.

Ко всему этому надо добавить огромное фразеологическое богатство русского языка. Так, в «Словарь современного русского литературного языка» входят 25000 фразеологизмов (без учёта даваемых изредка в качестве иллюстративного материала пословиц). Во всём национальном русском языке их намного больше. Так, словарь русских поговорок [18] содержит их свыше 40000, словарь пословиц [19] — 70000 единиц, словарь народных сравнений [20] включает 45000 сравнительных оборотов, словарь крылатых слов [21] — 4000 единиц, в словарь русского жаргона [22], кроме 25000 жаргонных слов, входят ещё и 7000 устойчивых сочетаний. Всё это составляет свыше 166000 единиц.

«Давайте спросим себя, какие новые слова вошли за последние 15–20 лет из русских корней, — и окажется, что на тысячи заимствований придётся едва ли больше десятка-двух словообразований, да и то в основном блатного происхождения, типа “отморозок”, “беспредел”, “разборка”, “наезжать”, которые из жаргона ворвались в разговорный и даже литературный язык, вылезли из грязи в князи (и этот список уже не меняется годами)», — продолжает “наезжать” на русский язык М.Н. Эпштейн [2]. Заметим, что, во-первых, для русского языка нехарактерно выведение разговорного языка за пределы литературного: наряду с такими книжными стилями литературного языка, как научный, публицистический, официально-деловой, выделяется некнижный стиль —

разговорный; во-вторых, жаргон является одним из источников пополнения лексики в любом языке, этот процесс особенно усилился в последнее время, и не только в русском языке.

Мы уже не говорим о том, что за 15–20 лет неологизмов, не являющихся заимствованиями, а также тех, которые не имеют блатного происхождения, наберётся отнюдь не два десятка. Ниже приводятся те, которые появились за один только 1981 г. [22]. Обращаемся именно к этому изданию только по той причине, что его использовал М.Н. Эпштейн, когда делал свои выводы, забывая, что ежегодники новых слов — это издания не нормативные, а регистрирующие, и стараясь привести в качестве примеров по большей части единичные употребления лексических единиц.

Что же нового фиксируется в ежегоднике за 1981 г.? Это прежде всего слова, образованные от словосочетания с помощью суффикса *-к(а)*: *гримёрка*, *марлёвка*, *непутяшка*, *пятиэтажка* и т.п., а также: *безлюднеть*, *бережливец*, *беспланово*, *бить в одну точку*, *болванка\** (знак \* означает, что у слова появилось новое значение), *бубухать*, *буквалист*, *ветеранский*, *вычислить кого-л.*, *горбатиться*, *грамулька\**, *гусарствовать*, *десант\**, *документализм*, *домофон*, *доставальщик*, *дурновкусие*, *ежесуточно*, *жиделяга*, *жизнеописатель*, *жиртрест*, *забить\**, *загерметизировать*, *законтачить*, *залихорадить*, *затаривание*, *звездомания*, *исповедально*, *кассетник*, *кроссворд\**, *купиться на что-л.*, *кучковаться*, *льготник*, *молоток\**, *накрутить\**, *нарисовать\**, *неумытость*, *носатик*, *обнародовать*, *отзаседаться*, *перепрофилировать*, *подставиться*, *поехать\**, *подустать*, *половинчато*, *пооглядеться*, *потрясанный*, *поюморить*, *пузырёк\**, *разварить\**, *разукрупнение*, *распломбировать*, *самиздатовский*, *самозанпись*, *самоорганизоваться*, *сверхбережливость*, *скоординированность*, *сехать\**, *тачка\**, *тупарь*, *удавка\**, *фирменный\**, *хмырь*, *хозблок*, *циркач\**, *с бородой*, *взять за рупь двадцать*, *перевозка воздуха*, *на одной волне*, *выпасть в осадок*, *до осточертения*, *открытый урок*, *отслеживание данных*, *на пальцах объяснять*, *полная семья*, *порох жечь*, *проголосовать ногами*, *пропустить через свои руки*, *от пуза*, *быть у кого-л. в генах*, *давить на психику*, *детская филармония*, *дудеть во все трубы*, *от дурака*, *за жизнь*, *заказывать музыку*, *закрытый грунт*, *зимнее время*, *летнее время*, *не колышет*, *сказать пару ласковых*, *мостить путь чем-л.*, *наводить мосты*, *в связке*, *довести до ума*, *до форточки*, *на халяву* и др.

М.Н. Эпштейн бросает упрёк неологизмам русского языка за то, что якобы «в подавляющем большинстве случаев эти “новые слова” поражают своей неживостью, механичностью, отсутствием малейшей языковой фантазии и творческой новизны» [4, с. 196]. О вышеприведённых образованиях никак этого не скажешь.

Что же касается заимствований, то напомним, что в мире нет ни одного языка (если не считать



наречия какого-либо племени, живущего вдали от цивилизации), в котором не было бы заимствованных слов, так как народы контактируют между собой, находятся в экономических, политических, культурных и других связях. Естественно, что с возникновением новых реалий появляются и новые слова. Если какие-то реалии появились первоначально в другой стране, то вполне оправданно, что в подавляющем большинстве случаев для их наименования будет использоваться язык той страны, откуда пришло данное понятие, явление и т.п. США — одна из передовых стран, чем и объясняется обилие слов из английского языка не только в русском, но и в других языках. Если заимствованные слова освоены принявшим их языком, если они приспособлены к функционированию в соответствии с закономерностями фонетической, лексической, грамматической систем, то это естественный процесс. Кто из непрофессионалов, например, может догадаться, что одно из слов в паре *конь—лошадь* является заимствованием? И тем более, какое из них?

В английском процент заимствований значительно выше, чем во многих других языках. Общеизвестно, что он на 70% состоит из заимствованных слов, а русский язык только на 10%. Интересно, что, по мнению большинства зарубежных лингвистов, основным источником обогащения английского языка служат именно заимствования, прежде всего из латинского, французского, скандинавских языков.

Какова же доля заимствований в русском и английском среди новых слов? По данным американского учёного Г. Кэннона, такие заимствования в английском языке составляют 7.5% [23]. В словаре русского языка [24] доля заимствований из других языков (типа *кемпинг, карт, круиз, бройлер*) также 7.5% [25, с. 19].

Что же пишет М.Н. Эпштейн? “...В течение многих десятилетий корни русского языка [...] закатывались под тяжёлые пластины механических комбинаций, в основном из заимствованных слов и морфем”; “Между тем за 5 лет нового века английский язык обогатился тысячами новых слов (а значит, и реалий, понятий, идей), созданных на его собственной основе” [4, с. 193, 196]. О том, что о тысячах и речи быть не может, ясно из предыдущего нашего повествования. А далее критик ничтоже сумняшеся приводит примеры 11 слов якобы с исконными корнями, большинство из которых таковыми не являются: *backstory* ‘фактическая, документальная основа художественного вымысла’, где вторая часть восходит к латинскому слову *historia*; *blog* ‘блог, персональный сетевой дневник или форум’; *banalysis* ‘банальный анализ’, первая часть представляет собой заимствование XVIII в. из французского языка, а вторая — заимствование XVI в. из греческого через посредство латинского; *belligerati* ‘писатели —

сторонники войны и империализма’ от латинского *belligerere* ‘начинать войну, вести войну’; *carnography* ‘описание насилия’, восходящее к латинскому *caro, carnis* ‘мясо’ и греческому *grapho* ‘пишу’; *bibliotherapy* ‘библиотерапия’ от греческих *biblion* ‘книга’ и *therapeia* ‘забота, уход, лечение’; *fanfic* ‘произведения, создаваемые на тему определённого фильма или телешоу его поклонниками’, где первая и вторая части — корни, заимствованные в своё время из латинского языка через посредство французского; *faxlore* ‘современный городской фольклор, распространяемый по факсу’, где первая часть — аббревиатура от заимствованного из латинского *facsimile*; *xeroxlore* ‘современный городской фольклор, распространяемый на ксероксе’ с первой частью от греческого *xēro* ‘сухой’; *fictomercial* ‘произведение, в которое писатель за плату вставляет наименования фирмы и её продуктов’, где первый корень, являющийся латинским, заимствован из старофранцузского, второй — из французского или латинского; *glurge* ‘сентиментальная история, распространяемая по электронной почте’; *Internetese* ‘язык сетевого общения’.

Интересно, что приведённые слова появились не в первые пять лет нового тысячелетия, а раньше. Первое слово, причём с отдельным написанием (*back story*) датируется 1982 г., второе *blog* — 1999 г., *bibliotherapy* известно с 1920-го, *fanfic* — с 1976-го. Семь из указанных слов (*banalysis, belligerati, carnography, faxlore, fictomercial, glurge, Internetese*) отсутствуют в OED, несмотря на то, что информацию о шести из них можно найти в Интернете, в том числе и в выложенных в нём небольших словарях новых английских слов. Что касается лексемы *carnography*, то её нам обнаружить не удалось. Возможно, это созданное самим М.Н. Эпштейном слово, потому что он одержим идеей словотворчества. Так, он предлагает расширить гнездо слов с корнем *-люб-* в русском языке такими, например, лексемами, как *любя, любля, равнолюбие, недолюбок, слюбка, залюбя* [4, с. 201]. Как справедливо заметил почти 20 лет назад Н.Г. Комлев, “выдумывать новые слова, когда в языке нет недостатка в выражениях для данных понятий, означает наивное старание выделиться если не подлинно новыми мыслями, то хотя бы мнимой оригинальностью” [26, с. 5].

Вывод, который делает М.Н. Эпштейн в результате сравнения двух языков, звучит, по крайней мере, странно: “Языки, обладающие миллионом или 150 тысячами слов, отражают мир в разной степени полноты” (Российская газета. 2006. 25 июля). Между языком и мышлением нельзя ставить знак равенства. Если следовать логике этого автора, наличие, например, в английском языке одного слова для обозначения голубого и

синего цвета (*blue*), в отличие от русского, где имеется две лексемы (*голубой, синий*), свидетельствует о том, что те, для кого английский язык является родным, не различают эти цвета.

Высказывая подчас здравые мысли, М.Н. Эпштейн приходит к неверным умозаключениям: “Язык — это главный капитал информационного века, сосредоточивающий в себе большую долю национального богатства, чем нефть, газ и все полезные ископаемые вместе взятые. Неслучайно самое богатое и динамичное общество в мире может похвастаться и самым большим словарным запасом — и весьма озабочено его приумножением” [4, с. 205]. С первой частью этого высказывания нельзя не согласиться, а вторая в свете вышеизложенного выглядит неубедительно, хотя нельзя отрицать того, что США и в отношении языка хотят доказать своё превосходство.

Вряд ли следует выдавать желаемое за действительное путём передёргивания фактов. Хотелось бы знать, почему М.Н. Эпштейн так старательно принижает русский язык и превозносит английский. В БАС ещё не отражено уже появившееся в разговорной речи существительное *долларолюбец*. Здесь оно было бы, видимо, кстати.

Рассуждения М.Н. Эпштейна перекликаются с высказыванием бывшего президента США (1981—1989) Р. Рейгана (во время интервью радиостанции Би-би-си перед встречей с М.С. Горбачёвым после шестилетнего отсутствия контактов на высшем уровне между США и СССР) о том, что в скудном русском языке нет даже слова *свобода*. Интересно, что наличие в русском языке даже двух слов для выражения этого понятия подтверждает британский профессор Р.Р. Милнер-Гуллард: “Фактически у русских есть два превосходных слова для ‘свободы’: *svoboda* — общий и политический термин, и *volya* — экзистенциальная, внутренняя свобода, свобода выбора, излишняя вольность, осуществление желания” [27, с. 228].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Яцкевич Л.Г. О национальной самодостаточности русского языка и призраке транзитивной философии // Слово и предложение: исследования по русскому языку и методике преподавания: Сб. научных статей в честь 70-летия проф. В.П. Проницева. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2007.
2. <http://www.grammar.ru>
3. <http://www.testsoch.info/russkij-yazyk-sistema-i-svoboda-6/>
4. Эпштейн М.Н. Русский язык в свете творческой филологии разыскания // Знамя. 2006. № 1.
5. Landau S.I. Dictionaries. The Art and Craft of Lexicography / Cambridge, New-York: Cambridge University Press, 1989.
6. Malkiel Y. A Typological Classification of Dictionaries on the Basis of Distinctive Features // Problems in

Lexicography / Ed. by Householder F., and Sappota S. Bloomington, 1962. P. 3—24.

7. Zgusta L. Manual of Lexicography. Praha: Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences, 1971.
8. <http://www.oed.com>
9. Oxford Dictionary of English. Second edition, revised. Oxford University Press, 2005.
10. Stockwell R.P., Minkova D. English words: history and structure. Cambridge University Press, 2003.
11. The Oxford English Dictionary. Second edition / Prepared by Simpson J. and Weiner E. Clarendon Press, 1989. Reprinted (with arrections). Clarendon Press, 1991. T. I.
12. Webster's Third New International Dictionary of the English Language. Unabridged / Editor in chief Gove Ph. B. Published by G. and C. Merriam Co., Mass., 1961.
13. Ступин Л.П. К вопросу о принципах отбора слов для толкового словаря современного литературного языка (на материале Большого словаря английского языка “Уэбстера”) // Вестник Ленинградского университета. № 2. Серия истории, языка и литературы. Вып. 1. Изд-во ЛГУ, 1963.
14. Словарь русских народных говоров / Под ред. Филина Ф.П. Л.: Наука, 1965.
15. Ахманова О.С. Словарь лингвистических терминов. М.: Сов. энциклопедия, 1966.
16. Мокиенко В.М., Никитина Т.Г. Большой словарь русского жаргона. М.: Норинт, 2001.
17. Кожевников А.Ю. Из опыта работы с сетевыми базами данных (на материале слов с префиксоидом полу...) // Acta linguistica petropolitana / Труды Института лингвистических исследований РАН. СПб.: Наука, 2012. Т. VIII. Ч. 3.
18. Мокиенко В.М., Никитина Т.Г. Большой словарь русских поговорок. М.: ОлмаМедиаГрупп, 2006.
19. Мокиенко В.М., Никитина Т.Г., Николаева Е.К. Большой словарь русских пословиц. М.: ОлмаМедиаГрупп, 2010.
20. Мокиенко В.М., Никитина Т.Г. Большой словарь народных сравнений. М.: Олма-пресс, 2008.
21. Берков В.П., Мокиенко В.М., Шулежкова С.Г. Большой словарь крылатых слов русского языка. М.: Аст; Астрель, 2005.
22. Новое в русской лексике. Словарные материалы-81. М.: Русский язык, 1986.
23. Cannon G. Historical changes in English Word-formation: New vocabulary, items. N.Y., 1986.
24. Новые слова и значения. Словарь-справочник по материалам прессы и литературы 60-х годов / Под ред. Котеловой Н.З. и Сорокина Ю.С. М.: Сов. энциклопедия, 1971.
25. Котелова Н.З. Первый опыт лексикографического описания русских неологизмов // Новые слова и словари новых слов. Л.: Наука, 1978.
26. Комлев Н.Г. Словарь новых иностранных слов. М.: Изд-во МГУ, 1995.
27. Milner-Gullard R.R. Russians. Oxford; Malden, MA: Blackwell publishers, 1997.

DOI: 10.7868/S0869587314040112

За последние десятилетия все мы свыклись с алармистским видением экологических проблем. Деградация окружающей среды, как представляется, достигла своего предела, особенно со вступлением в индустриальную фазу крупных развивающихся стран, не обладающих опытом и технологической базой рачительного использования ресурсов. Особую озабоченность мирового экологического сообщества вызвал бурный промышленный рост Китая, потребовавший громадных затрат энергии. Однако по прошествии тридцатилетнего периода ситуация начала заметно меняться, и теперь Поднебесная стремительно приближается к лидерам экологически ответственного поведения в области производства и потребления энергии, утверждают авторы предлагаемой вниманию читателей статьи.

## НОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА В ИНДУСТРИАЛЬНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СОВРЕМЕННОГО КИТАЯ

А.И. Салицкий, С.В. Чеснокова, А.В. Шахматов

Современные восточные общества сталкиваются с двумя видами экологических проблем. Первый обусловлен аграрным перенаселением, массовой нищетой и часто неосознаваемым нанесением ущерба окружающей среде. Наиболее типичным и опасным примером такого рода является вырубка лесов. В том же ряду — осушение болот и сокращение площади озёр, распашка горных склонов, чрезмерный выпас скота в степях.

Второй вид экологических проблем тесно связан с индустриализацией и наращиванием использования ископаемого топлива. Эти проблемы имеют долгую историю изучения в развитых странах, а с 70-х годов прошлого века они прочно вошли в международную повестку дня — достаточно упомянуть Стокгольмскую конференцию ООН по охране окружающей среды 1972 г. и доклад Римскому клубу “Пределы роста”, опубликованный в том же году. В предложенной авторами доклада идее “нулевого роста” многие разви-

вающиеся страны (включая Китай) усмотрели тогда попытку затормозить их экономическое развитие. Со временем полемика по этому вопросу вылилась в тезис о разной исторической ответственности развитых и развивающихся государств за ухудшение экологической ситуации в глобальном масштабе [1, 2].

Между тем противоречие между индустриализацией и защитой окружающей среды, как показал пореформенный Китай, может быть смягчено даже в странах Востока, для которых характерно огромное аграрное перенаселение и где потребность в обеспечении занятости остаётся жгучей проблемой. Одним из путей улучшения ситуации выступает развитие новой энергетики<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Дефиницию “новая” (а не “альтернативная”, “возобновляемая”, “низкоуглеродная”, “зелёная”) мы выбрали и для простоты изложения, и для обозначения определённой специфики Китая (подробнее далее).



САЛИЦКИЙ Александр Игоревич — доктор экономических наук, главный научный сотрудник Института мировой экономики и международных отношений РАН. ЧЕСНОКОВА Светлана Викторовна — научный сотрудник Института востоковедения РАН. ШАХМАТОВ Алексей Владимирович — доктор экономических наук, руководитель секретариата председателя правления ОАО “Газпром”.  
sal.55@mail.ru

# ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ: ПРЕОДОЛЕНИЕ ПРОТИВОРЕЧИЙ

Изучение хода и этапов китайской индустриализации располагает к осторожному оптимизму в понимании остроты экологических проблем, стоящих перед гигантской страной.

Во-первых, КНР в основном уже решила экологические проблемы первого вида, связанные с массовой нищетой сельского населения. Среди конкретных путей, которые удалось нащупать китайским реформаторам, отметим ограничение рождаемости и миграции в города, мануфактуризацию деревни, общественные природоохранные работы (особенно массовые лесопосадки), народное просвещение.

В сфере энергопотребления успешное решение экологических проблем первого вида правомерно связывать со значительным сокращением использования традиционного топлива (а значит, и повышением благосостояния деревни). Доля традиционных видов топлива в общем потреблении первичной энергии в Китае сократилась с 18% в 2000 г. (что уже было лучше аналогичного показателя в Индии наших дней) до 2% в 2010 г. [3, р. 41; 4, р. 21]. Иначе как прорывом такую динамику не назовёшь, тем более что за предыдущее десятилетие данный показатель снизился в КНР лишь на 2%.

Во-вторых, наблюдается в целом положительная связь между динамичным экономическим развитием (включая индустриализацию) и умением правильно диагностировать, предотвращать и лечить экологические болезни, хотя последнее и оказывается несколько отложенным во времени.

Безусловно, на ранних этапах рыночных реформ КНР вынужденно следовала порочному алгоритму “сначала надо стать грязным, а потом думать об экологии” [5, с. 183]. Но сам темп экономических перемен в стране был столь стремительным, что массовое осознание тупикивости этого пути пришло достаточно своевременно. Уже середина 1980-х—начало 1990-х годов стали временем решительного поворота государства и общества лицом к экологическим проблемам<sup>2</sup>.

Кроме того, относительный дефицит топлива и энергии, а также острая транспортная проблема заставили китайских реформаторов достаточно рано (1992—1993) отпустить цены на энергоресурсы в рыночном секторе. В результате уже во второй половине 1990-х годов в стране произошёл

принципиальный сдвиг в эффективности энергопотребления, впрочем, несколько преувеличенный официальной статистикой того времени<sup>3</sup>.

Следует учитывать, что рыночные реформы могут провоцировать значительный экологический ущерб — до тех пор, пока общество не научится регулировать эту область. Дело в том, что в Китае, на территории которого месторождения каменного угля широко распространены, а его добыча на мелких шахтах и ямах долгое время приветствовалась государством, доступность этого вида топлива повсеместно вела к его вовлечению (в том числе незаконному) в рыночный оборот и порождала далёкие от идеала способы использования. О бедах, происходящих от чрезмерного сжигания угля, а также экологических (и человеческих) издержках его добычи различными способами хорошо известно (в частности, китайская статистика регулярно публикует показатель числа погибших шахтёров в расчёте на 100 млн. т добытого угля). В Китае они усугубляются расположением многих городов в котловинах, проблемой утилизации твёрдых отходов горения в мегаполисах и т.п. Смог, густо окутывающий города с началом отопительного сезона, — лишь наиболее заметная часть проблемы (в среднем загрязнение городского воздуха в КНР примерно такое же, как в Индии). Но другого доступного топливного ресурса для продолжения индустриализации в сравнительно небогатой стране в 1990-е годы не нашлось. За первое десятилетие нового века Китай втрое нарастил использование этого вида минерального топлива (доля угля в энергобалансе КНР составляет около 70% против 30% в среднем по миру), со всеми вытекающими отсюда негативными последствиями.

В этом индустриальном рывке был и эволюционный смысл. Массовое наращивание и обновление основных фондов в крупной угледобыче и энергетике сопровождалось “сплошной модернизацией” тяжёлой промышленности [7, с. 72]. Одновременно в стране с невиданным даже для Восточной Азии размахом была построена современная транспортная инфраструктура. Десятилетие индустриального рывка подготовило бурную потребительскую революцию, которая разворачивается в наши дни. Что существенно, её составной частью, как это было в своё время в развитых странах, становится революция экологическая. В свете сказанного можно усомниться в принципиальном противоречии между индустриализацией и защитой окружающей среды.

<sup>2</sup> Из числа первых проектов на общенациональном уровне следует отметить работу под названием “Окружающая среда в Китае в 2000 году: прогноз и контрмеры”, выпущенную в 1986 г. Государственным управлением по охране окружающей среды. В ходе исследования подсчитывались общие объёмы выбросов различных типов загрязняющих веществ, а также учитывалась численность населения и площадь районов, подвергшихся загрязнению.

<sup>3</sup> Китайская статистика некоторое время показывала (в дальнейшем этот дефект был исправлен) примерное равенство объёмов добычи угля в 1990 и 2000 гг. (около 1 млрд. т), что, понятно, означало и гигантскую экономию топлива. В действительности показатель 2000 г. “недоучёл” примерно 300 млн. т. Тем не менее экономия была достигнута, просто не столь внушительная [6, с. 71].

Понимание устойчивого развития в Китае имеет некоторые особенности, отчасти противоречащие общепринятым представлениям. Их можно выделить, по меньшей мере, три. Во-первых, в китайской трактовке устойчивого развития отсутствует сколько-нибудь существенный антииндустриальный элемент, наоборот, продолжение индустриализации рассматривается ещё и как средство решения экологических проблем. Во-вторых, преобразующий природу мотив выражен довольно сильно: государство предпринимает немалые усилия для развития континентальных районов, осуществляет ряд инфраструктурных мегапроектов, включая переброску вод с юга на север страны<sup>4</sup>. В-третьих, устойчивость развития имеет в КНР ярко выраженный социальный аспект (борьба с бедностью), подразумевает определённую обособленность национальных государств и самостоятельность их экологической политики, а также защиту от неблагоприятных внешних воздействий, например, противодействие ввозу в страну “грязных” производств.

Китайское понимание устойчивого развития, по-видимому, неслучайно привело к превращению этой страны в одного из лидеров в области использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), по крайней мере среди развивающихся стран. Ясно и другое: без достижения определённого уровня производства и потребления ископаемых видов топлива переход к новой энергетике в массовом масштабе малоосуществим. Это особенно чётко видно при сравнении энергетической отрасли Китая и Индии. Южно-азиатская страна пока не преуспела в решении экологических проблем первого вида: две трети её населения вынуждены использовать традиционные виды топлива, а четверть жителей Индии не имеет доступа к источникам электроэнергии [8, р. 90]. Имеющийся прогресс в ВИЭ-генерации (в основном ветряная энергетика) часто сдерживается в этой стране невозможностью подключения агрегатов к энергосетям — просто в силу их отсутствия.

С другой стороны, бурный рост индустрии ВИЭ-генерации в Китае ведёт к значительному снижению цен на оборудование для отрасли. В этом сегменте сложилась достаточно острая конкуренция, поэтому для стран, отставших в индустриальном (энергетическом) и экологическом развитии, открываются некоторые дополнительные возможности поправить дела за счёт сотрудничества с КНР. Об этом, например, свидетельствуют результаты “Глобальной ярмарки 2013”, прошедшей осенью 2013 г. в Найроби. Контрак-

ты, заключённые с Китаем по линии “Юг–Юг” в сфере “зелёной экономики”, составили свыше 400 млн. долл.

В известном смысле Китай опровергает прогнозы Римского клуба. Прогнозы начала 1970-х годов отражали, помимо прочего, очевидные опасения тогдашнего, куда более индустриального, чем теперь, Запада по поводу дальнейшего повышения цен на ресурсы в ходе развернувшейся индустриализации Востока. Но сдерживание развития извне (в том числе под экологическими знамёнами) в случае с Китаем явно не прошло.

Всё это отнюдь не означает беспроblemности ситуации. В 2012 г. в печати сообщалось о намерении КНР построить ещё около 360 угольных ТЭС суммарной мощностью более 500 ГВт. Многие из них будут размещены в регионах, где уже имеется значительный дефицит воды. Эти планы критиковались, в том числе китайскими экологами и экономистами, некоторые обозреватели не исключают их серьёзной корректировки в будущем [9] отчасти потому, что форсированное развитие тяжёлой промышленности в КНР, судя по всему, завершается.

## СТРУКТУРНАЯ ПЕРЕСТРОЙКА ЭНЕРГЕТИКИ

Одним из следствий индустриального рывка Китая в начале XXI в. стал качественный сдвиг в использовании главного энергоресурса страны — угля. В 2006–2011 гг. расход угля на выработку 1 кВт электроэнергии на китайских ТЭС снизился на 10% — с 367 до 326 г [8]. Этот сдвиг пришёлся в основном на 11-ю пятилетку (2006–2010), когда ставший нормативным показатель энергоёмкости ВВП (ВРП) уменьшился на 19%.

В ходе начавшейся в эти годы структурной перестройки энергетики был совершён ещё один прорыв: собственная добыча угля (уже сокращающаяся во многих регионах Китая) сочетается с нарастающим ввозом этого вида топлива из-за рубежа, причём закупается только высококачественные сорта. В 2013 г. импорт угля превысил 320 млн. т, а это означает, что китайское хозяйство и население уже вполне могут позволить себе покупать топливо по мировым ценам (другим следствием может стать перерасход ресурсов).

Впрочем, около 20% от общего потребления угля в хозяйственной системе Китая продолжает поступать с технологически отсталых предприятий, расположенных внутри страны. Однако государство полно решимости продолжать курс на сокращение этой доли. Так, осенью 2013 г. правительство КНР предписало начать закрытие угле-разработок, обеспечивающих менее 90 тыс. т топлива в год, а лицензии на открытие новых добывающих мощностей будут выдаваться лишь при планируемом объёме добычи свыше 300 тыс. т [10].

<sup>4</sup> Нельзя не отметить, что в стране привыкли к искусственному ландшафту, хотя китайские мудрецы задолго до наступления нашей эры и вырубали римлянами собственных дубрав грустили по поводу лысеющих гор и холмов.

При китайских масштабах потребления угля (свыше 3.5 млрд. т в год) 20% — величина весьма значительная. С какой скоростью будет происходить замещение этого объёма первичной энергии? Что его заменит? Продолжится ли рост производства и потребления угля на ТЭС за счёт ввода новых крупных предприятий и импорта? Эти вопросы беспокоят не только китайских экономистов и их зарубежных коллег, они волнуют поставщиков энергоресурсов по всему миру и очень важны для той части китайских промышленников, которая уже успела зарекомендовать себя в качестве производителя оборудования для новой энергетики. Так, китайские производители турбин для ветряков выпускают около 15% мирового объёма этой продукции. Это не только машиностроители, изготавливающие оборудование для использования возобновляемых источников энергии (включая гидроэнергию), но и атомщики.

В китайском случае в разряд новой энергетики, на наш взгляд, следует включить и газовую отрасль, как бы противопоставляя весь этот “чистый массив” (условно, конечно) угольной энергетике<sup>5</sup>. Доля последней в энергохозяйстве страны, как теперь уже очевидно, будет снижаться, что, подчеркнём, предусматривалось и прежними планами китайского правительства: долю угля в энергопотреблении за годы 12-й пятилетки (2011–2015) предполагается сократить на 2%. Об осуществимости подобных планов, а возможно, и более амбициозных программ снижения зависимости от угля свидетельствуют статистические данные за 2012 г. Впервые в истории китайского хозяйства прирост энергетических мощностей в ветрогенерации (крупнейший сектор ВИЭ-генерации в КНР, если не считать гидроэнергетику) превысил аналогичный показатель в угольной энергетике. Более того, общее производство ветряной энергии в стране превзошло её совокупную выработку на АЭС [11]. Не исключено, что новое руководство страны, в том числе под давлением общественного мнения и возросших экологических претензий населения, возьмёт ещё более решительный курс на сокращение зависимости от угля.

Усилению этих тенденций явно поспособствовал III пленум ЦК КПК, состоявшийся в ноябре 2013 г. и обозначивший линию на постепенное снижение темпов экономического роста, стимулирование внутреннего спроса, ускоренное развитие сферы услуг, а также новой энергетики. Как предполагают китайские аналитики, в ны-

нешнем десятилетии потребление энергии будет расти примерно на 4% в год. При таком режиме роста структурная перестройка энергетики не сколько облегчается. Возможно, что прежние планы ввода новых мощностей на угольных ТЭС также будут пересмотрены в сторону сокращения.

Очевидно, что экономика Китая уже прошла пик индустриализации. Доля промышленности в ВВП, достигнув 48% в конце прошлого десятилетия, начала постепенно снижаться (хотя в абсолютном выражении промышленный рост продолжается), появилась тенденция сервисизации хозяйства. Услуги, как известно, в целом менее энергоёмки, чем промышленность. Ещё один структурный резерв уменьшения энергопотребления — закрытие технологически отсталых производств, в том числе в топливно-энергетическом секторе. В области экономии энергии — грандиозные перспективы, ведь КНР — крупнейший её потребитель.

Перспективы перестройки энергетики Китая улучшают ещё, по крайней мере, два обстоятельства. Во-первых, во многих отраслях тяжёлой промышленности, включая чёрную и цветную металлургию, а также производство цемента, уже образовались избыточные мощности, что снижает спрос на уголь. Во-вторых, III пленум ЦК КПК подтвердил курс на дальнейшую реформу ценообразования в топливно-энергетическом секторе, которая даст дополнительные и уже рыночные стимулы ВИЭ-генерации в силу сохраняющейся недооценённости конвенционального (обычного) топлива, с одной стороны, и продолжающегося улучшения ценовых характеристик оборудования для ВИЭ-генерации, — с другой. В этом же направлении действует фактор ужесточения технических требований к очистному оборудованию на угольных ТЭС.

Кроме того, похоже, что, столкнувшись с ограничениями на экспорт в западные страны фотоэлектрических панелей (фотовольтаики, солнечные батареи), КНР приступает к их массовому внедрению внутри страны. Согласно недавнему заявлению представителя Государственной энергосетевой корпорации (State Grid Corporation of China — SGCC), к 2015 г. мощности солнечной энергетики в стране увеличатся с нынешних 6.6 до 35 ГВт [12]. Если добавить к этому запланированный ранее на 2015 г. общий объём мощностей в ветроэнергетике в 100 ГВт (в конце 2012 г. они уже достигли 75 ГВт, и планируемый показатель, возможно, будет превзойдён), то цифра получится весьма внушительная, вдвое превышающая показатель ВИЭ-генерации на конец 2011 г. Кроме того, предполагается довести до 20 ГВт мощности атомной энергетики и примерно до 50 ГВт — газовой. Совокупный объём перечисленных источни-

<sup>5</sup> Подобное понимание новой энергетики применительно к Китаю оправданно ещё и потому, что именно газовая генерация (пока ещё слабо развитая) достаточно гибка и позволяет создавать вместе с ВИЭ-генерацией комплексные системы энергоснабжения и “умные сети” (smart grid).

ков составит более половины от запланированных на 2015 г. суммарных мощностей китайских ГЭС (300 ГВт), которые на конец 2012 г. составляли около 230 ГВт.

Иными словами, мощности ВИЭ-генерации вместе с АЭС и газогенерацией, пока не получившей значительного распространения, могут в обозримой (до 2020 г.) перспективе сравняться с мощностями ГЭС. В итоге на весь этот “чистый массив” придётся около 30% по выработке электроэнергии и существенно больше — по её установленным мощностям. Ближе к середине 2020-х годов среднестатистические (и удельные — в расчёте на единицу ВВП) показатели потребления энергоресурсов в КНР, по-видимому, стабилизируются на уровне лучших восточноазиатских образцов. Сама достижимость этого состояния может послужить для Пекина сильным стимулом дальнейшего “озеленения” энергетической политики и многомиллиардных вложений, тем более что китайская традиция управления предусматривает совершение героического подвига каждым новым руководством: подобно легендарному Шуню, сжёгшему излишнюю растительность и повернувшему реки в нужное русло<sup>6</sup>, нынешняя команда могла бы действовать в противоположном направлении — круто развернуть руль в пользу “зелёной перспективы”.

## ГЛОБАЛЬНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Согласно сегодняшним прогнозам, например, Международного энергетического агентства (World Energy Outlook 2013), к 2035 г. Китай обгонит США, Японию и Европу, вместе взятые, по производству электроэнергии из возобновляемых и экологически чистых источников. Подобная перспектива уже не кажется фантастической, хотя могла бы показаться таковой ещё десять и даже пять лет назад.

Возьмём данные за 2012 г. по ветряной генерации — отрасли, получившей наибольшее распространение среди других видов новой энергетики. Суммарные мировые мощности превысили на конец года 280 ГВт, увеличившись за год на 19%, или почти на 45 ГВт. В КНР в том же году мощности ветряков перевалили за отметку 75 ГВт (чуть меньше 27% мировой производительности), уве-

личившись на 13 ГВт (29% мирового прироста)<sup>7</sup>. По отношению к предыдущему году прирост составил 21% [8, р. 53]. В результате по установленным мощностям ветряных генераторов Китай среди отдельных стран занимает первое место в мире (на втором месте США — 60 ГВт) и уже не очень много уступает ЕС в целом, где мощности ветряков достигают 100 ГВт.

Ещё более внушительно выглядят успехи Китая в пока главной, хотя и старой отрасли возобновляемой энергетики — гидроэнергетике. Ввод в строй новых мощностей ГЭС составил по всему миру в 2012 г. 30 ГВт. На Китай пришлось больше половины — 15.5 ГВт. В результате доля КНР в мировых мощностях превысила 23% [8, р. 15]. Это столько же, сколько в трёх следующих за Китаем странах — Бразилии, США и Канаде, вместе взятых.

Наконец, КНР — абсолютный мировой лидер по подогреву воды за счёт солнечной конвекции (70% от итога). Что касается мощностей солнечной энергетики, то пока Китай занимает четвёртое место в мире, но выдвигаются весьма амбициозные планы на этот счёт. Можно было бы продолжить перечисление успехов нашего восточного соседа, но не будем утомлять читателя, обратим внимание лишь на один “маленький факт”: по производству древесных гранул КНР уже вплотную приблизилась к Российской Федерации.

Наиболее скромно выглядят позиции Китая в производстве этанола и биодизеля. Этому есть понятное объяснение — нехватка посевных площадей: этанол, как известно, производится главным образом из кукурузы, а биотопливо — из рапса. По той же причине страна быстро превращается в крупного нетто-импортёра зерновых и зернобобовых.

Говоря о “зелёных перспективах” Китая, нельзя не упомянуть о том гигантском резерве, которым располагает страна в виде высокой нормы сбережений, а значит, есть потребность инвестировать в будущее. Заметим, что массивные вложения в новую энергетику были важным компонентом гигантского кредитного вливания в экономику в 2009–2010 гг. Даже в 2012 г., когда инвестиционный пыл Китая несколько поостыл в связи с непростым процессом передачи власти, страна тем не менее сохранила высокий уровень затрат на новую энергетику. В ВИЭ-генерацию в мире в целом было инвестировано чуть больше 240 млрд. долл. На Китай пришлось 65 млрд. долл. (или 27%), пока чуть меньше, чем в ЕС в целом, но много больше, чем в США (34 млрд. долл.) и Японии (16 млрд. долл.), вместе взятых.

В немалой степени именно китайский инвестиционный энтузиазм объясняет тот факт, что

<sup>6</sup> Вспомним легенду, повествующую о зарождении китайской цивилизации примерно 4500 лет назад. Тогда “...потоп в буйном течении разлился по всему лицу Земли, растительность отличалась безграничной роскошью, зверья и птиц была масса, хлеба не возделывались, звери и птицы теснили людей... Яо, скорбя об этом, выдвинул Шуня, который принял за водворение порядка...” [13, с. 295].

<sup>7</sup> В 2011 г. прирост мощности ветряков оказался ещё больше — 17 ГВт. Для сравнения: в Индии в 2012 г. прирост мощности ветряных генераторов составил 2.3 ГВт.

уже восьмой год подряд развивающиеся страны увеличивают свою долю в мировых вложениях в ВИЭ-генерацию. В 2012 г. она достигла 46% против 34% в 2011 г. Одной из причин столь резкого роста показателя стало сокращение вложений в эту отрасль в развитых странах — почти на 30% [8, р. 52].

В структуре мировых инвестиций в возобновляемые источники энергии в настоящее время преобладают вложения в солнечную энергетику: на них в 2012 г. пришлось 140 млрд. долл. — почти 60% итога. Ещё 80 млрд. долл. израсходовано на ветроэнергетику, 33 млрд. — на крупные ГЭС. В КНР распределение инвестиций несколько иное: на первом месте ГЭС, далее — ветряки, а солнечная энергетика только начинает развиваться.

Нельзя не отметить одно важное обстоятельство. Новая энергетика и ВИЭ-генерация уже обеспечили китайской экономике почти 2 млн. рабочих мест, это примерно треть от общемирового показателя [8, р. 57]. Несложно представить, каким потенциалом обладает эта отрасль, в том числе в её малых формах.

\* \* \*

Чтобы вытащить общество из разрушительной для экологии, городского и сельского ландшафта нищеты, нужна, как показывает китайский опыт и как это ни парадоксально звучит, крупная промышленность. Лишь на её основе можно принципиально повысить благосостояние общества, подготовив его к инфраструктурной, информационной, потребительской и, как следствие, экологической революции, развёртывание которой мы наблюдаем в современном Китае. Эта революция сопровождается, в частности, быстрым (в том числе принудительным) сокращением “нижнего” этажа индустрии, представленного технологически отсталым производством. Современная промышленность становится инструментом, благодаря которому представляется возможным переход к новой энергетике, поскольку создаётся её материальная основа. А народное творчество разного рода, обеспеченное технической поддержкой, сулит новации в малой энергетике и расширение занятости.

Уже не первый год КНР переполняет зарубежные рынки всё более дешёвыми соларами, электро-

велосипедами<sup>8</sup> и другой подобной продукцией. Аплодисментов западных экологов не слышно, но и обвинения в адрес Китая по поводу “пожирания” ресурсов планеты поутихли. Не забудем о необыкновенной бережливости китайского быта, спрессованного веками скромных ресурсных возможностей. Этот подход к жизни искусно эксплуатируют центральные власти, превращая “зелёную перспективу” в важный элемент собственной политической легитимности. С политикой сохранения подобного видения мира при условии его поддержки современной наукой и технологиями, по-видимому, следует связывать будущий вклад Китая в благоустройство нашей планеты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Порфирьев Б.Н.* “Зелёная” экономика: общемировые тенденции развития и перспективы // Вестник РАН. 2012. № 4.
2. *Порфирьев Б.Н.* Природа и экономика: риски взаимодействия. М.: Анкил, 2011.
3. BP Statistical Review of World Energy. June 2012.
4. *Sharma A.* Lighting the way ahead: Powering India // The Economic Times. 14.12.2012.
5. *Рогожина Н.Г.* Саммит в Копенгагене — шаг вперёд или назад? // Ежегодник: Север—Юг—Россия 2009. М.: ИМЭМО РАН, 2010.
6. *Жигулёва В.В.* Развитие угольной промышленности Китая // Рынок энергетических ресурсов Китая: интересы и возможности России. Отв. ред. Островский А.В. М.: ИДВ РАН, 2011.
7. *Томберг И.Р.* Энергетика КНР в мирохозяйственном контексте. М.: ИВ РАН, 2013.
8. REN21. Renewables Global Status Report 2013.
9. <http://www.theguardian.com/sustainable-business/china-conflict-coal-fired-plants-water>
10. <http://www.globaltimes.cn/content/828512.shtml#.UphzaaBskds>
11. <http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/renewables%202013.pdf>
12. <http://www.globaltimes.cn/content/820846.shtml#.Um9qn6Bskds>
13. Конфуцианское “четверокнижие” (“Сы шу”) / Перевод с кит. и коммент. Кобзева А.И., Лукьянова А.Е., Переломова С.Л., Попова П.С., Майорова В.М. М.: Восточная литература, 2004.

<sup>8</sup> В самом Китае наблюдается массовое увлечение электроскутерами. Их эксплуатация не требует ни водительских прав, ни шлемов — в отличие от мотоциклов и мопедов. Электромобили пока не очень популярны.



DOI: 10.7868/S0869587314040070

## НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ В НАУКЕ И В ЖИЗНИ

*К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА Ю.Н. РАБОТНОВА*

Академик Юрий Николаевич Работнов — выдающийся учёный современности в области механики деформируемого твёрдого тела. Ему принадлежат фундаментальные результаты практически во всех направлениях науки о прочности: в теории устойчивости, механике разрушения, в наследственной теории ползучести, механике композитов, теории пластичности. Высокая общая и математическая культура, широчайшая эрудиция, разумное сочетание строгого теоретического обоснования и тщательного эксперимента ещё при жизни поставили Ю.Н. Работнова в один ряд с такими признанными классиками, как С.П. Тимошенко, А.Н. Крылов, Н.И. Мусхелишвили, В.В. Новожилов. Подтверждением тому — неослабевающий интерес к его идеям и книгам. Его последняя книга — учебник для университетов «Механика деформируемого твёрдого тела» — служит энциклопедией для студентов, аспирантов, специалистов. Она выдержала два издания (1979, 1988), но её невозможно найти на полках магазинов, зато она стоит на книжной полке практически каждого преподавателя сопромата. По-прежнему развивается наследственная теория ползучести, широко используется вариант технической теории оболочек. Целое научное направление, получившее во всём мире название *damage mechanics* (механика роста повреждённости), которое фактически вышло из основополагающих работ Л.М. Качанова и Ю.Н. Работнова, предложивших вводить структурные параметры в определяющие соотношения.

Юрий Николаевич Работнов родился 24 февраля 1914 г. в Нижнем Новгороде в семье учителя гимназии, члена Петербургского астрономического общества, который привил сыну любовь к точным наукам. Вот — первое проявление наследственности, второе — от матери (знавшей, по дворянской традиции, французский, как родной) он унаследовал интерес к изучению иностранных языков. В дальнейшем во Франции он читал лекции на блестящем, «нюансированном» французском, в Канаде делал доклады на английском, в Германии — на немецком. Любовь к языкам была свойством его прекрасно организованного мышления. Он сам говорил, что изучал разные языки, как решают логические задачи, находя неизвест-



ные закономерности и связи. Собираясь на конференцию в Молдавию, он за несколько дней освоил румынский язык. По принципу решения сложной шарады — изучил основы составления японских иероглифов. В результате он мог переводить научную литературу с польского, чешского, грузинского, румынского. А его владение родным языком до сих пор восхищает стилистическим изяществом, блеском выражений, точностью формулировок. Чего стоит его научная полемика, служащая незабываемым примером владения словом и мыслью. «Понятие механико-математической культуры трудно поддаётся точному определению, однако её отсутствие для специалиста всегда очевидно, — писал Юрий Николаевич в рецензии на книгу одного не в меру плодовитого и неразборчивого в соавторах учёного. — Со времён Леонардо да Винчи и Ломоносова наука не знала столь разносторонних специалистов, но если бы NN нашёл время хотя бы прочитать написанное соавторами, книга, безусловно, была бы избавлена от столь досадных неточностей».



Ю.Н. Работнов, Н.С. Хрущёв, М.А. Лаврентьев выбирают место будущего Академгородка под Новосибирском, в Золотой долине. 1959 г.

Будучи потомственным (“наследственным”) русским интеллигентом, Ю.Н. Работнов очень серьёзно относился к научному языку. В последние годы жизни, отвечая на некоторые замечания по своей книге, он объяснял, что сознательно предпочитает сложносочинённые предложения сложноподчинённым, относя эту традицию к литературному языку Гоголя и Щедрина. А вот поддержка из знаменитой дискуссии по проблемам разрушения, дискуссии между физиками и механиками твёрдого тела, когда один и тот же объект рассматривался с разных позиций: “Современная механика располагает средствами описания и объяснения различных видов разрушения, наблюдаемых в действительности, при этом даже нет необходимости выходить из привычных рамок теории материального континуума. Содержание механики разрушения в принципе очень широко и далеко не исчерпывается теорией трещин хрупкого и квазихрупкого разрушения. Поверхностное понимание физики процесса весьма полезно и необходимо для конструирования механических моделей и для выбора предположительной структуры определяющих уравнений, вопрос об их аналитической форме второстепенен и сводится к вопросу о выборе наилучшей в том или ином смысле аппроксимации. Углублённое понимание может быть даже опасно, поскольку истина в последней инстанции неизвестна, а фиксация внимания на деталях может отвлечь механика от сути дела. Исторический опыт убеждает нас в том, что лучшие достижения механики связаны с довольно грубыми моделями, которые описывают явления с той степенью приближения, которая разумна и необходима” (из пленарного докла-

да на IV Всесоюзном съезде по теоретической и прикладной механике, Киев, 1974). Ю.Н. Работнов относил механику к разделу математики. Выступая перед молодёжью, он часто повторял: “Физик говорит — я изучаю мир, механик утверждает — я совершенствую мир (точнее, совершенствую его математическое описание)”.

Прекрасное образование и математический талант в сочетании с увлечённостью и упорством позволили Ю.Н. Работнову после окончания в 21 год механико-математического факультета МГУ зачислиться в 32 года докторскую диссертацию и стать профессором Московского университета. В 38 лет он — декан механико-математического факультета МГУ, где создал кафедру теории пластичности, которую возглавлял до последних лет жизни. В 39 лет Юрий Николаевич был избран членом-корреспондентом, а в 44 года — действительным членом АН СССР.

Важная часть научной жизни Ю.Н. Работнова была связана с новосибирским Академгородком Сибирского отделения АН СССР, где он с 1958 г. работал заместителем директора Института гидродинамики, возглавлял лабораторию и кафедру в Новосибирском государственном университете. Сочетание научной деятельности и занятий со студентами, привлечение их в лабораторию и долготелая персональная работа с молодыми сотрудниками позволили ему воспитать много талантливых учёных, которые с гордостью относились и относят себя к признанной научной школе Работнова. Среди них Б.Д. Аннин, В.И. Астафьев, А.В. Березин, Г.И. Брызгалин, Л.П. Исупов, Е.В. Ломакин, Н.И. Малинин, С.Т. Милейко, А.А. Мовчан, Ю.В. Немировский, И.Ф. Образ-



Два классика — о судьбах механики: С.П. Тимошенко и Ю.Н. Работнов. Брюссель, 1954 г.

цов, О.В. Соснин, Ю.В. Суворова, А.Н. Полилов, В.П. Тамуж, Ю.М. Тарнопольский, С.А. Шестериков и многие другие.

Надо сказать, что Юрия Николаевича отличал особый дар учёного-педагога. Один из его учеников, С.А. Шестериков, впоследствии член-корреспондент РАН, за глаза называл его “гениальным формализатором”. Он так умел отшлифовать по-

становку задачи, формулировку основных результатов, что это сразу становилось предметом увлекательного изучения его сотрудниками и студентами. Умение “упростить, не упрощая”, а выделяя суть, отбрасывая лишнее, — вот что всю жизнь привлекало к Ю.Н. Работнову и научную молодёжь, и зрелых учёных. Недаром и первая, и последняя его книги были фактически учебниками: “Спротивление материалов” (1962) — по словам В.В. Новожилова, “жемчужина среди книг по прочности”, отмеченный как один из лучших наряду с общеизвестным учебником В.И. Феодосьева, и упомянутая уже монография “Механика деформируемого твёрдого тела” — учебное пособие для университетов. Вместе с всемирно известной, переведённой на английский язык книгой “Ползучесть элементов конструкций” (1966) это — основные вехи, указывающие ту огромную область в науке, которую осветил и прояснил своим талантом Юрий Николаевич Работнов.

В новосибирском Академгородке был заложен фундамент (и в прямом, и в переносном смысле) Института прочности, который организовывал Ю.Н. Работнов вместе с учениками.

Вернувшись в 1965 г. в Московский государственный университет на свою кафедру теории пластичности, Юрий Николаевич сохранил верность идее плодотворного сочетания эксперимента и теории, сотрудничества Академии наук и университета. С 1965 г. он возглавил в Институте машиноведения им. А.А. Благонравова АН СССР лабораторию прочности машиностроительных материалов, которую переименовал (одним из первых в стране) в лабораторию механики разрушения, а потом — в лабораторию механики композитных



“Наследственная механика — будущим поколениям”. Работа над книгой вместе с дочерью Леной. 1965 г.



Знакомство с испытательным оборудованием. 1970-е годы

материалов, в соответствии с теми научными проблемами, которые казались ему тогда наиболее заслуживающими внимания. Удивительное умение распознать новое, понимание перспективности интересных задач позволили Ю.Н. Работнову ещё на заре становления этих научных направлений предсказать, что именно механика разрушения и механика композитов станут наиболее плодотворными и востребованными областями механики твёрдого тела. Уже после ухода из жизни Ю.Н. Работнова в Институт машиноведения была издана книга его избранных трудов “Проблемы механики деформируемого твёрдого тела” (1988), в которую вошли несколько статей, отобранных по простому принципу — без соавторов, написанные только его рукой. Поразительно, но практически каждая статья содержала в себе основы целого научного направления. Обычно учёный долго вынашивал идеи, тщательно шлифовал изложение материала, соблюдая строгость построения моделей, а затем отдавал свои работы ученикам, у которых они получали дальнейшее развитие.

Институт машиноведения в начале 1960-х годов одним из первых начал исследования в области механики и технологии волокнистых композитов. Работы проводились под общим руководством академика Ю.Н. Работнова и охватывали широкий круг вопросов — от исследования микроструктуры волокон до создания основ расчётов на прочность и ползучесть элементов конструкций. Ю.Н. Работнов понимал и ценил тонкий эксперимент. Собственно, в Институт машиноведения по приглашению директора Анатолия Аркадьевича Благодина Юрий Николаевич пришёл, увидев действующую лабораторию, в которой были поставлены эксперименты по высокоскоростному

нагрузению и по испытаниям при криогенных температурах (жидкий азот, водород — 22 К и даже гелий — 4 К). В сочетании с созданными под его руководством многосекционными установками на ползучесть эти методики позволили завершить обоснование применимости наследственной теории ползучести к композитам, когда вся нелинейность включается в диаграмму мгновенного деформирования, а также получить принципиальные результаты в области линейной механики хрупкого разрушения при низких температурах, характерных для условий Крайнего Севера. Недаром в его лаборатории были подготовлены многие специалисты из Якутии (Институт физико-технических проблем Севера СО РАН), ставшие в дальнейшем докторами наук. Сам же Работнов возглавил в те годы Комиссию по хрупкой прочности при низких температурах.

Анализируя основные научные результаты Ю.Н. Работнова, ставшие классическими, нельзя не отметить, что они в первую очередь замечательны не числом, а красотой и ясностью постановки задач, которые затем изучали последователи. Создаётся впечатление, что он работал как математик: больше на основе внутреннего интереса, чем потребностей практики, хотя проблемы, которые он перед собой ставил, всегда были связаны с глобальными вызовами, возникающими при создании новой техники. Ползучесть дисков газовых турбин, длительная прочность полимерных деталей, хладноломкость конструкций северного исполнения, надёжность ядерных энергетических установок, эффективность применения композитов в летательных и аэрокосмических аппаратах — в решение этих и многих других проблем большой вклад внёс Ю.Н. Работнов и его многочисленные ученики.

Необходимо вспомнить о его исследованиях в области технической теории оболочек, выявлении краевого эффекта и локальной неустойчивости упругих оболочек, безмоментное состояние которых может быть рассмотрено путём специального выбора системы координат, не совпадающей в общем случае с главными кривизнами. Для упругопластических сред им сформулирована двумерная модель и в качестве фундаментального примера решена задача об изгибе трубки, что моделирует упрочняющийся материал с сингулярной (конической) поверхностью нагружения. Им исследована потеря устойчивости стержней за пределом упругости, предложена модель с запаздывающим пределом текучести и решены соответствующие задачи о распространении волн в таких средах.

Одним из главных результатов научной деятельности Ю.Н. Работнова общепринято считать создание современной наследственной теории ползучести с применением интегральных соотношений типа Вольтерра–Больцмана с ядрами разностного типа. Он предложил идею дробно-экспоненциального ядра, являющегося резольвентным (обратимым), и разработал алгебру операторов для таких ядер. Результаты изложены в переведённой на английский язык монографии “Элементы наследственной механики твёрдых тел” (1977), которая дополняет изданные ранее “Таблицы дробно-экспоненциальных функций отрицательных параметров и интеграла для неё” (1969). Эти таблицы служат рабочим инструментом для расчётов сильно нагруженных элементов на ползучесть.

Многие практические приложения наследственной теории ползучести с учётом нелинейной диаграммы мгновенного деформирования представлены в книге Ю.Н. Работнова и С.Т. Милейко “Кратковременная ползучесть” (1970). Маленькая (и вышедшая малым тиражом), но блестящая по своему лаконизму и смысловой насыщенности брошюра “Введение в механику разрушения” (выпущена в 1987 г. обратным переводом на русский язык его лекций во Франции). В МГУ в 1965 г. были изданы также “Лекции по теории упругости” — наиболее современное и строгое тензорное изложение теории с акцентом на вариационные принципы.

В последние годы Ю.Н. Работнов обратился к задачам, связанным со структурными механизмами разрушения композитов: с торможением трещины поверхностью раздела, моделью ромба из нерастяжимых волокон, описывающей зависимость прочности от углов намотки, с разрушением при сжатии композитных труб по форме “китайского фонарика”. Удивляет его умение увидеть красоту таких “этидных” задач. Со временем интерес к ним всё возрастает, в том числе в связи с преподаванием курса “Механика композитов”.

Наследством Учителя стали прекрасные учебные задачи по механизмам разрушения композитов.

Ю.Н. Работнов был истинным русским интеллигентом и истинным учёным, не очень заботившимся о служебной карьере. Тем не менее признание его научных заслуг было чрезвычайно велико и в нашей стране, и во всём мире. Он несколько лет исполнял обязанности академика-секретаря Отделения механики и процессов управления АН СССР, работал в Комитете по Ленинским премиям, возглавлял редколлегии нескольких академических журналов, учёный совет в Институте машиноведения и Научно-технический совет по конструкционной прочности. Вместе с Такэо Йокобори он был инициатором учреждения Международного конгресса по разрушению, избран его вице-президентом, одним из директоров, а в конце жизни получил звание почётного президента конгресса за выдающиеся, принципиально новые результаты в области механики накопления повреждений.

Научная школа академика Ю.Н. Работнова по наследственной теории ползучести, механике рассеянного разрушения и механике композитов известна своими достижениями и продолжает развиваться. В неё входят его ученики, работающие на механико-математическом факультете МГУ, в учреждениях РАН — Институте машиноведения, Институте физики твёрдого тела, в институтах новосибирского Академгородка, в Сибирском отделении РАН и во многих других научных центрах России.

Семинар имени Ю.Н. Работнова — Московский ежемесячный семинар молодых учёных и студентов по проблемам машиноведения — по-прежнему проводит заседания в Институте машиноведения им. А.А. Благоднарова РАН каждую третью среду месяца в 3 часа дня.

Научные и педагогические заслуги Ю.Н. Работнова отмечены многими правительственными наградами, Государственной премией СССР, орденами, медалями. Но, видимо, главное признание его таланта учёного и педагога — в сердцах его учеников, соратников, всех, кто с ним работал и кто бесконечно ценит творческое наследие Ю.Н. Работнова — выдающегося учёного и замечательного человека. С годами результаты его трудов находят всё более широкое применение, и становится понятно, что есть потери, которые невозможны.

Юрий Николаевич Работнов скончался 13 мая 1985 г. после тяжёлой, продолжительной болезни и похоронен на Новокунцевском кладбище в Москве.

*Е.В. ЛОМАКИН,  
член-корреспондент РАН  
lomakin@mech.math.msu.ru,  
А.Н. ПОЛИЛОВ,  
доктор технических наук  
polilovan@mail.ru*

DOI: 10.7868/S0869587314040136

## РЫЦАРЬ СВЯТОГО ДУХА ИСТИНЫ

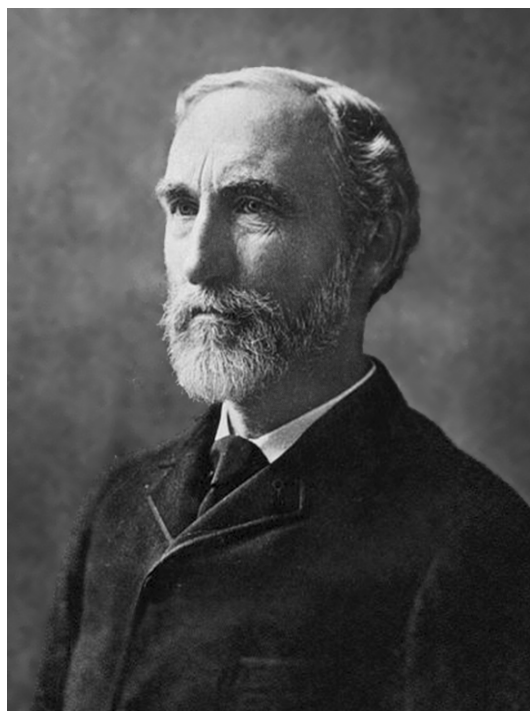
*К 175-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ДЖОЗАЙИ УИЛЛАРДА ГИББСА*

Один из парадоксов американской науки второй половины XIX в. заключался в том, что, несмотря на явное господство духа эксперимента и практики, на полное пренебрежение теоретическими исследованиями, в стране всё же появился свой теоретик мирового класса — Дж.У. Гиббс. Его научные труды способствовали развитию классической термодинамики, при которой она приобрела статус теоретической науки. Им была также создана статистическая механика. Эти труды представляют несомненный интерес для физиков, химиков, физикохимиков как неиссякаемый источник научных идей [1].

Велика заслуга Гиббса перед родиной. Через полвека после его смерти усилиями Ю. Вигнера и Дж. Уилера, Р. Фейнмана и М. Гелл-Манна, Л. Купера и Ш. Глэшоу теоретическая физика в Америке достигла небывалых высот, что подтверждается значительным числом Нобелевских премий в этой области науки, полученных соотечественниками Гиббса.

Джозайя Уиллард Гиббс родился 11 февраля 1839 г. в семье известного в Америке филолога, профессора богословской школы в небольшом, скорее похожем на большую деревню, городке Нью-Хейвене, штат Коннектикут. Обучение начал в частной школе и продолжил в одной из лучших — в грамматической школе Гопкинса, где изучал языки, грамматику, арифметику и алгебру. Затем в течение трёх лет он обучался в Йельском колледже, отдавая предпочтение латыни и математике, а в 1858 г. поступил в Йельский университет, где изучал технические дисциплины, химию, математику и физику. В 1861 г. умирает отец, и студент Гиббс, не оставляя при этом занятий, становится главой семьи, взяв на себя заботу о двух сёстрах.

Окончив университет, Гиббс защищает диссертацию на тему “О форме зубьев цилиндрической зубчатой передачи” и удостоивается степени доктора философии (вторым в истории страны по точным наукам). Его назначают преподавателем в Йельский колледж, где в течение двух лет он вынужден преподавать латынь и лишь на третий, уже по своему желанию, — физику.



Для повышения образования Гиббс вместе с сёстрами в 1866 г. отправился в Европу. Год он провёл во Франции, в Сорбонне и Коллеж де Франс, изучая геометрию, теорию чисел, высшую алгебру, математическую физику и небесную механику, познакомился с трудами Лагранжа, Лапласа, Пуассона и Коши. В то время в Америке работы по математике находились, можно сказать, в зачаточном состоянии и не шли ни в какое сравнение с европейскими [2]. Летом 1867 г. уже в Берлинском университете он занимается в основном физикой и механикой, изучает работы К. Гаусса, К. Якоби, У. Гамильтона, К. Неймана и В. Томсона. В Гейдельбергском университете он общается с Г. Гельмгольцем, Г. Кирхгофом, Р. Бунзеном и Г. Кантором, почерпнув у них немало полезного из теоретической физики и математики.

Под влиянием европейских исследований по теоретической физике Гиббс, вернувшись на родину, обратился к её фундаментальным проблемам. Он возглавил кафедру математической фи-



Йельский университет. Здесь Дж.У. Гиббс учился, а позднее возглавил кафедру математической физики

зики Йельского университета и занимал её до конца жизни. Вся его бедная внешними событиями жизнь и малоизвестная студентам и коллегам научная деятельность проходила в стенах этого университета.

За все годы его лекции прослушали более 100 человек. Однако для большинства студентов их содержание оказалось сложным, и могли его оценить единицы: “Он уступал очень немногим в истории науки в способности к дедукции, обобщениям, в проникновении в скрытые взаимоотношения, критической проницательности, отсутствии предвзятости и широте взглядов на предмет и задачи физики” [3, с. 54]. Особое внимание Гиббс уделял способным учащимся: давал консультации, обсуждал результаты, помогал в их осмыслении. Но и в общении с ними, и на лекциях он обычно не касался тех проблем, над которыми работал сам в данный момент: он трепетно относился к занятиям наукой, не желая с кем-либо делиться своими размышлениями, и в этом заключалась его слабая сторона как воспитателя.

Творческая деятельность Гиббса протекала в атмосфере, которая слабо стимулировала научную активность. Международное признание имели работы не более десятка учёных, большинство занималось прикладными исследованиями, близкими к техническим. Между прочим, изобретателей также причисляли к сообществу учёных. Физики в основном занимались экспериментами. Наиболее известными в Америке и Европе считались Дж. Генри, Г. Роуланд, А. Майкельсон и Р. Милли-

кен. Пренебрежение теорией объяснялось тем, что превалирование в Америке практической деятельности подавляло всякий интерес к абстрактным изысканиям, в самом же обучении точным наукам усматривали лишь средство тренировки ума.

Что касается Гиббса, то уютный быт Нью-Хейвена, довольно малая лекционная нагрузка, возможность работы с книгами из домашней и университетской библиотек, отсутствие издержек семейной жизни (он никогда не был женат и женщинами особо не увлекался), а главное, возможность свободно размышлять о природе вещей позволяли ему до конца дней плодотворно заниматься наукой.

До поездки в Европу он в большей мере интересовался вопросами техники и по возвращении занялся усовершенствованием регулятора парового двигателя — регулятора Уатта с коническим маятником, той важной для многих технической проблемой, что интересовала его ранее. В 1872 г. он построил улучшенную модель, которая и сейчас хранится в лаборатории, где он работал. По словам американского физика и писателя М. Уилсона, именно проблема пара и воды в итоге “выросла (в его представлении. — *Авт.*) в проблему материи вообще. Великолепное механическое видение позволило Гиббсу первому среди американских учёных открыть некоторые из наиболее сокровенных научных истин” [4, с. 88].

Занимаясь голономными системами, то есть не подчиняющимися в своём движении неинте-



грируемым связям, Гиббс в 1879 г. (на 20 лет раньше французского механика П.Э. Аппеля) вывел их общие уравнения движения. Эти и другие занятия математикой явились для него важной подготовкой к решению актуальных проблем теоретической физики, в том числе статистической механики.

Первая публикация Гиббса появилась, когда ему было уже 34 года, но затем его творческая продуктивность неуклонно росла, охватывая всё новые проблемы. Учение о термодинамическом равновесии в гетерогенных системах, включая теорию термодинамических потенциалов, правило фаз, термодинамику поверхностных явлений, графические методы в ней, — такова лишь одна из составляющих его научных достижений. Далее последовала целая серия других работ Гиббса-теоретика: построение статистической механики, создание векторной алгебры и векторного анализа, термодинамическая теория фазообразования, законы осмоса, термодинамика электрохимических явлений, термодинамическая теория упругости и теория капиллярных явлений. Вся совокупность выполненных учёным работ явилась огромным вкладом в развитие науки XIX и XX вв.

Первое своё исследование по термодинамике, названное “Графические методы в термодинамике жидкостей” и посвящённое методу энтропийных диаграмм, доктор философии Гиббс представил Коннектикутской академии наук в 1872 г. Предложенный им метод позволял графически представить все известные учёным той эпохи термодинамические свойства вещества и со временем сыграл немалую роль в физико-химической и технической термодинамике. Цель этой работы автор видел в том, чтобы “привлечь внимание к некоторым диаграммам, которые предоставляют графическим методам столь же широкие возможности применения, как и обычные диаграммы, но которые предпочтительнее во многих случаях в отношении ясности или удобства применения” [1, с. 10]. Прежде всего имеются в виду две диаграммы: энтропия — температура и энтропия — объём, позволяющие представить состояние системы точкой на плоскости.

Свои идеи и методы Гиббс развил в статье “Метод геометрического представления термодинамических свойств веществ при помощи поверхностей” (1873), введя в обиход уже трёхмерные диаграммы состояния газов и жидкостей. В качестве независимых параметров учёный выбирает объём, энергию и энтропию и выражает соотношение между ними с помощью поверхности, которую назовёт термодинамической поверхностью тела.

С 1876 г. Гиббс публикует части своей работы по термодинамике “О равновесии гетерогенных веществ”. В письме Американской академии наук и искусств он сообщает: “Ведущей идеей моей ра-

боты было выявление роли энергии и энтропии в теории термодинамического равновесия. При их помощи легко выразить общее условие равновесия, а приложение его к различным случаям приводит нас сразу к ... условиям, характеризующим эти случаи” [1, с. 540]. С самого начала трактата он считает нужным подчеркнуть: “Понимание законов, управляющих поведением любой материальной системы, чрезвычайно упрощается, если рассматривать энергию и энтропию системы в различных возможных для неё состояниях, [ибо] изменения энергии и энтропии характеризуют все наиболее существенные эффекты, происходящие в системе при переходе из одного состояния в другое” [1, с. 61].

Выдвинутые Гиббсом научные идеи легли в основу химической термодинамики. В трактате учёный изложил общую теорию термодинамического равновесия и метод термодинамических потенциалов, сформулировал правило фаз (ныне носящее его имя), построил теорию поверхностных и электрохимических явлений, ввёл понятие адсорбции. Здесь же он обратил внимание на появление скачка энтропии при смешении разнородных газов. Учёный установил, что при постоянных температуре и давлении возрастание энтропии при смешении разного рода газов не зависит от их природы, в то время как смешение двух масс одного и того же газа не вызывает возрастания энтропии. Он указал на отличие смеси массы одного и того же газа от смеси масс разных газов. Отсутствие непрерывности для энтропии при переходе от смешения различных к смешению тождественных газов и есть парадокс Гиббса.

Применяя второе начало термодинамики к самому широкому кругу процессов, Гиббс обобщил принцип энтропии и вывел известное сегодня фундаментальное уравнение, устанавливающее связь между внутренней энергией термодинамической системы и её потенциалами. Полученные уравнения позволяли определять направление химических реакций и условия равновесия для смесей любой сложности, а также для гетерогенных систем.

По мнению Д.Н. Зубарева, “в термодинамических работах Гиббса более всего поражает, что ему удалось из малого числа простых посылок — первого и второго закона термодинамики в форме линейного дифференциального соотношения для приращения внутренней энергии и условия максимума энтропии, лишь с помощью учёта различных дополнительных условий дедуктивно построить всё здание термодинамики гетерогенных веществ” [1, с. 559].

Работы Гиббса в виде статей были опубликованы в “Известиях” Коннектикутской академии, тогда не очень популярных в мире науки. Знакомству с его работами заметно способствовал обмен библиотеки академии с научными обществами, а



также рассылка Гиббсом своих статей европейским коллегам — Л. Больцману, И. Ван-дер-Ваальсу, Г. Гельмгольцу, Р. Джоулю, Г. Кирхгофу, Р. Клаузиусу, Дж.К. Максвеллу, В. Томсону — и в редакции зарубежных научных журналов. Благодаря этому его исследования стали известны в Европе. Одним из первых, кто по-настоящему оценил их значение и особенно графические методы, был Максвелл, который с их помощью построил ряд моделей термодинамических поверхностей для воды и одну из них послал в подарок Гиббсу. Впрочем, в тот момент мало кто из европейских учёных внял словам великого Максвелла. В 1875 г. он писал: “Я упомяну о чрезвычайно ценном вкладе в область термодинамики, сделанном... Виллардом Гиббсом, давшим нам замечательно простой и вполне удовлетворительный метод изображения соотношения между различными состояниями вещества при помощи модели. При помощи этой модели можно свободно решать вопросы, в течение долгого времени не поддававшиеся ни моим усилиям, ни усилиям других исследователей” [5, с. 107].

Руководствуясь лишь одной логикой и при этом почти не ошибаясь, Гиббс пришёл к обобщению термодинамических соотношений, которые были открыты Максвеллом и Больцманом. Совершенство, до которого Гиббс довёл все свои положения и выводы, привело его к уникальным научным достижениям. В итоге его труд приобрёл ту целостность и эффективность, благодаря которым на его основе уже более века наука пополняется всё новыми значимыми результатами.

Благодаря стараниям Гиббса классическая термодинамика как общая теория физико-химического равновесия к концу XIX в. приобретает завершённый вид. В XX в. она уже становится, скорее, технологическим отделом термодинамики, позволяя как физикам, так и физикохимикам решать свои частные проблемы. При этом усилия теоретиков сосредотачиваются в основном на попытках расширить границы применимости классического термодинамического метода.

Итак, если вначале термодинамика исследовала связи между теплотой и механической работой, то со временем, благодаря Гиббсу и его последователям, стали изучаться связи между такими её формами, как тепловая, механическая, электрическая, химическая и энергия излучения. В конечном счёте термодинамика приобрела статус дисциплины со своей философией, выводы и следствия из которой со временем проникли в разнообразные сферы деятельности человека. Если же говорить о той эпохе, когда творил Гиббс, то тогда на первый план выступила проблема аксиоматического обоснования теории. Открытия М. Планка, В. Нернста, А. Эйнштейна и других учёных XX в. привлекают внимание к термодинамике теплового излучения и низких температур.

Причём основной задачей становится включение времени в качестве независимой переменной в термодинамическую теорию так, чтобы она охватывала химическую кинетику, механику сплошных сред, электродинамику и т.д.

В России к работам Гиббса обращались Н.Н. Шиллер, Н.А. Умов, Д.И. Менделеев, Д.П. Коновалов, Н.С. Курнаков, М.Б. Млодзиевский. Итогом явилось объединение термодинамической линии Гиббса с химической — Менделеева. После 1917 г. работы Т.А. Афанасьевой-Эренфест, А.В. Сторонкина, Н.Н. Боголюбова, А.А. Власова, Л.Д. Ландау, М.А. Леонтовича, И.Р. Пригожина были посвящены применению и развитию метода Гиббса в физике и химии.

Плодотворность метода Гиббса видится и в том, что его элементы проникли в неравновесную термодинамику. В частности, именно Гиббсу мы обязаны как теорией устойчивости в самой термодинамике, так и идеей термодинамической устойчивости — концепцией, которая занимает главное место и играет важнейшую роль в теории неравновесных систем. Однако, исследуя возможности термодинамического описания свойств веществ, Гиббс не мог не увидеть его бессилие в определении вида термодинамических функций. Поэтому со временем он, следуя логике вещей, обращается к кинетической теории и к работам её основателей, а затем и к статистическим проблемам теории теплоты.

Если обратиться к опубликованным Гиббсом научным работам, то можно увидеть, что в 1884 г. он выступил с выводом полученного им основного уравнения статистической механики, но в последующие 18 лет в печати не появляется ни одной его работы, посвящённой этой проблеме. И только в 1902 г. Гиббс публикует трактат, возвестивший научному миру о новом его достижении. Правда, десятью годами раньше он писал Дж. Рэлею, что намерен подготовить кое-что к публикации по “статистической механике”, где основное внимание будет уделено её применению к термодинамике, по линии Максвелла и Больцмана [3, с. 124]. При этом Гиббса не останавливало то обстоятельство, что атомы и их движение, объясняющие термодинамические свойства тел, многим физикам и химикам казались тогда всего лишь гипотезами.

Итак, Гиббс занимается исследованиями в области статистической механики, которая не зависела бы от рассмотрения молекулярной структуры термодинамических систем, но исходила бы главным образом из законов механики и статистики. Он продолжает работать в присущей ему манере: не обсуждать с кем-либо возникавших трудностей и достижений, не публиковать промежуточных результатов и выводов. Успеху способствовало то, что в физике теорию вероятностей уже применяли Клаузиус, Максвелл и Больцман.

Гиббсу было суждено завершить создание вероятностной парадигмы. Основная её идея заключалась в том, чтобы вместо отдельного состояния отдать предпочтение статистическому изучению ансамблей состояний (это понятие было введено Максвеллом ещё в 1879 г. [6]). В итоге появилась монография “Основные принципы статистической механики”.

В предисловии к опубликованному в 1902 г. труду Гиббс поясняет, что “несмотря на то, что возникновение статистической механики исторически обусловлено исследованиями в области термодинамики, она, очевидно, в высшей степени заслуживает независимого развития как в силу изящества и простоты своих принципов, так и потому, что она приводит к новым результатам и проливает новый свет на старые истины в областях, совершенно чуждых термодинамике” [1, с. 351]. Далее Гиббс считает нужным отметить: “Можно быть совершенно уверенным, что ничто так не способствует ясному пониманию связи термодинамики с рациональной механикой и интерпретации наблюдаемых явлений с точки зрения молекулярного строения тел, как изучение основных понятий и принципов того раздела механики, с которым термодинамика наиболее тесно связана”. И в заключение обоснования предлагаемого им подхода он добавляет: “Более того, мы избежим серьёзнейших затруднений, если, отказываясь от попыток выработать гипотезы о строении материальных тел, воспользуемся статистическими методами исследования как разделом рациональной механики” [1, с. 351, 352].

Благодаря основополагающим работам Максвелла, Больцмана и Гиббса была создана статистическая теория равновесного состояния, когда функции распределения и, стало быть, средние значения (моменты), в число которых входят и термодинамические функции, не зависят от времени. Эти работы были написаны до создания квантовой механики, и поэтому для описания движения отдельных частиц применялись уравнения движения механики Ньютона.

По убеждению Н. Винера, создавшего математическую теорию случайных процессов, “именно Гиббсу, а не Альберту Эйнштейну, Вернеру Гейзенбергу или Макс Планку мы должны приписать первую великую революцию в физике XX века. ... Дальнейшее развитие физики состояло в том, что был отброшен или изменён косный ньютоновский базис, и случайность Гиббса выступает теперь во всей своей наготе как цельная основа физики” [7, с. 13].

Действительно, после создания квантовой механики возможности классической статистической теории, сформулированной Гиббсом, заметно расширились, ибо стали возможными статистические расчёты с учётом квантового характера движения как по внутренним степеням свободы

атомов и молекул, так и при описании движения атомов и молекул как целого. При этом, однако, остались неизменными принципиальные основы теории равновесного состояния.

Сегодня статистическая физика — развивающаяся отрасль теоретической физики. Она всё больше проникает не только в собственно физические дисциплины, но и в смежные области знания — химию, биологию, метеорологию, служит эффективным средством такой весьма молодой отрасли знания, как синергетика [8].

Итак, за год до смерти Гиббс завершил создание классической статистической физики. Отклики на её появление оказались довольно скорыми и во многом положительными благодаря тому, что имя её автора было уже достаточно известно в мире науки. В своём докладе “О статистической механике”, прочитанном на международном конгрессе в Сент-Луи в 1904 г., Л. Больцман так оценил вклад Гиббса: “Заслуга приведения этой науки в единую систему, изложения её в одной объёмистой монографии и придания ей характерного имени принадлежит одному из величайших американских мыслителей, а в области чистого абстрактного мышления и чисто теоретических исследований, может быть, величайшему из всех — Уилларду Гиббсу ... Он назвал эту науку статистической механикой” [9, с. 390, 391].

Следует подчеркнуть, что научные работы Гиббса воспринимались и усваивались с трудом. Дело было не только в новизне идей, но и в том, что, излагая свои теоретические построения на бумаге, он обычно опускал промежуточные этапы рассуждений, полагая, что они уже не важны. Однако, несмотря на все сложности восприятия представлений Гиббса и их словесно-математического выражения, благодаря его и Больцмана работам концепция статистических методов исследования вскоре обосновалась в повседневной научной деятельности, способствуя, таким образом, утверждению идеи вероятностной картины мира.

Согласно В. Оствальду, Гиббс являлся типичным классиком, “принадлежал всецело к типу осторожных и до щепетильности добросовестных исследователей, долго вынашивающих свои работы, но зато доводящих их до такого совершенства, какое только доступно человеческим силам”. Гиббс “был натурой по преимуществу рассудочной и, по мере возможности, не давал воли чувству и старался всё время держать работу на высоте абстрактного исследования, вдали от человеческих страстей” [3, с. 60, 61]. Возможно, дело было также и в присущих ему методичности и обстоятельности, определявших его мысли и поведение как в жизни, так и в научной деятельности.

Все, кто пытался извлечь пользу из идей и представлений Гиббса, начинали постигать красоту построенного им теоретического здания



Обложка французского издания работ Дж. У. Гиббса в переводе А. Ле Шателье (1899), обложка русского издания книги Дж. У. Гиббса “Основные принципы статистической механики” (1946)

лишь после немалых усилий по освоению трудного словесного текста и математического аппарата. В итоге становились очевидными весьма убедительная логика автора и тщательность в отделе полученных им выводов. Надо сказать, что все его идеи сохранили свою ценность в современной науке.

Как подчёркивает Гиббс, “одной из основных задач теоретического исследования в любой области знания является установление такой точки зрения, с которой объект исследования проявляется с наибольшей простотой”. Математика должна применяться, но с поправкой: “Математик может говорить, что ему хочется, но физик должен, хотя бы в какой-то мере, быть в здравом рассудке” [3, с. 76, 84]. Поэтому Гиббс считал возможным публиковать свои работы только тогда, когда, по его убеждению, их научная доброкачественность не вызывала сомнений. Скорее всего, этим объясняется тот факт, что за три десятилетия своей творческой деятельности он опубликовал только 29 научных работ, но каких работ! Практически все они были переведены на немецкий, французский, английский и русский языки.

С его именем связаны такие понятия, как “парадокс Гиббса” (особый интерес к нему сохраняется и в наши дни [10]), “распределения Гиббса”, “уравнение Гиббса”, “уравнения Гиббса–Дюгема, Гиббса–Гельмгольца” и др. С рождением волновой механики оказалось, что ансамбли Гиббса можно применять в квантово-механическом анализе, а статистическая механика подчас лучше

укладывается в рамки квантовой механики. По убеждению нобелевского лауреата Р. Милликена, “Гиббс... сделал для статистической механики и термодинамики то, что для небесной механики сделал Лаплас, а для электродинамики — Максвелл, а именно — он сделал свою область науки почти законченным теоретическим построением” [3, с. 125]. Возможно, поэтому учёный Дж. Дьюар называл Гиббса “Максвеллом Америки”.

Несмотря на внешнюю скрытность, Гиббс как учёный заботился о признании своих трудов в научном мире. Составив список наиболее известных учёных, он посылал им свои работы, ибо был заинтересован в непредвзятой оценке со стороны тех, главным образом ведущих зарубежных исследователей, кто решал сходные с ним проблемы и определял пути развития науки.

В то же время чрезмерная сдержанность Гиббса, не допускавшего друзей, коллег и студентов в свой мир науки, явилась одной из причин того, что на родине его заслуги были признаны далеко не сразу. Некоторые считали, что Гиббс “был одним из тех людей, чью скромность можно назвать страстью” [4, с. 91], которая в научном общении, возможно, была не всегда уместна.

Вопреки трудностям восприятия работ Гиббса, о чём писали, например, В. Оствальд, А. Пуанкаре, Дж. Рэлей, А. Эйнштейн, А. Г. Столетов, его идеи всё же проникали в среду подготовленных в математике физиков, а затем химиков и инженеров. Но представления о Гиббсе как учёном и тем более о его научных заслугах в широких слоях ми-

рового, в том числе и российского, общества всё ещё туманны.

В своих научных исследованиях Гиббс, кроме термодинамики, занимался вопросами оптики — волновой теорией света, теорией потенциала и особенно развитием электромагнитной теории. Изучая работы Максвелла, Гиббс пришёл к выводу, что использованный английским учёным математический формализм — не лучшее средство для представления идей об электромагнитном поле. Познакомившись с кватернионами из работ Максвелла, а затем с “Учением о протяжённых величинах” Г. Грассмана, Гиббс в 1881–1884 гг. публикует “Элементы векторного анализа” для студентов. В них кватернионы Гамильтона автор заменил векторами, подчеркнув, что новые обозначения упрощают учебный предмет, позволяя в итоге построить метод для полного решения задачи. В 1886 г. Гиббс писал, что “под влиянием простого желания найти простейшие алгебраические методы для выражения отношений в геометрической физике и т.п. пришёл к векторной алгебре Грассмана, независимо от него или кого-либо другого...” [3, с. 244]. С этого момента на лекциях при изложении основ теории электромагнитного поля он уже использует созданное им векторное исчисление.

Это не помешало Гиббсу признать ценность как кватернионов, так и векторов для математики и физики. Свою лекцию о сравнении идей Гамильтона и Грассмана, прочитанную в том же 1886 г., он закончил словами: “Мы начинаем с изучения многообразия алгебр, мы кончим, я думаю, многообразной алгеброй” [11, с. 178]. Дальнейшее развитие фундаментальной науки подтвердило его предвидение.

В 1879 г. в письме к Гиббсу американский физик Г. Роуланд отмечал: “Научная работа по математической физике в США не ведётся широко и она, как правило, настолько поверхностна, что мы гордимся тем, что наконец в нашей стране есть учёный, который может поддержать её честь в этой области” [3, с. 71]. В том же 1879 г. Гиббс был избран членом Национальной академии наук США, а в 1880 г. — старейшей Американской академии наук и искусств в Бостоне, которая в 1881 г. присудила ему премию Румфорда. В 1897 г. Гиббса избрали также членом Лондонского королевского общества, в 1901 г. наградили “предвестницей” Нобелевской премии — медалью Копли, а затем медалью Румфорда.

Тогда же стало очевидным, что в своих достижениях Гиббс подчас опережал именитых европейских учёных. Так, Г. Гельмгольц охотно признавал приоритет Гиббса на понятие свободной энергии. Согласно М. Планку, Гиббс опередил его, сформулировав те же положения и в более общем виде, чем сделал он сам позднее, и потому его собственные труды не увенчались должным

успехом. В год появления “Статистической механики” А. Эйнштейн занимался поисками уравнения для флуктуации энергии. Аналогичный результат ранее был получен Гиббсом и приведён им в его труде. Будь Эйнштейн знаком с этой работой Гиббса, он, по его признанию, не стал бы публиковать свои статьи по данной проблеме, но ограничился бы исследованием лишь отдельных частных вопросов [12, с. 252].

Популяризации идей Гиббса способствовали переводы его работ, появившиеся в конце XIX в. В 1892 г. в Лейпциге вышла его книга на немецком языке в переводе Оствальда, а в 1899-м в Париже — на французском в переводе Ле Шателье. Сам Гиббс не участвовал в подготовке изданий (хотя тот же Оствальд просил его об этом), не говоря уже о комментариях к ним, о чём можно только сожалеть.

В конце XIX в. к Гиббсу приходит признание: его, учёного с мировым именем, приглашают на международные конференции (которые, кстати, он не любил посещать и обычно не бывал на них), избирают членом 16 научных академий и обществ, с ним состоят в переписке ведущие европейские учёные, к нему за консультациями обращаются как теоретики, так и экспериментаторы.

Все эти годы Гиббса можно было найти в одном и том же месте — в своей аудитории или кабинете при физической лаборатории Слоуна, построенной в 1887 г. при Йельском колледже. Здесь в скромной обстановке Гиббс проведёт свои последние 20 лет плодотворных творческих исканий и научных побед в физике и математике, отдавая знания студентам и аспирантам.

Казалось бы, тот неизменный во времени и пространстве порядок, которого годами придерживался Гиббс, должен был гарантировать ему долгую творческую жизнь. Не получилось. После недолгой болезни он скончался 28 апреля 1903 г. в возрасте 64 лет и был похоронен на кладбище Гроу-стрит, буквально в двух кварталах от дома. Возможно, по этой причине он так и не дождался Нобелевской премии. Более того, лишь четверть века спустя после смерти Гиббса было издано полное собрание его трудов, а в 1936 г. — двухтомные комментарии к ним, позволившие осознать всем заинтересованным глубину и плодотворность идей и представлений учёного как важный момент в последующем развитии равновесной и неравновесной термодинамики, статистической механики и физики.

Через полвека после смерти выдающегося американского учёного А. Эйнштейн на вопрос, кого он считает величайшим из учёных, крупнейшим мыслителем из всех, кого он знал, ответил: “Лоренца” — и добавил: “Я никогда не встретился с Уиллардом Гиббсом; если бы нам довелось встретиться, то, возможно, я поставил бы его в один ряд с Лоренцем” [13, с. 77].

В 1923 г. Американское математическое общество учредило Гиббсовские лекции, назначение которых — предоставить широкой публике и научной общественности возможность ознакомиться с вкладом математики в современное мышление и в целом в развитие цивилизации. Выступить на Гиббсовских лекциях — большая честь для каждого учёного. В 1950 г. в Зале славы великих американцев — галерее скульптур на открытом воздухе в Бронксе (район Нью-Йорка) — был установлен бюст Дж.У. Гиббса.

И в XXI в. остаётся справедливым мнение нобелевского лауреата Л. Купера о том, что Джозайя Уиллард Гиббс был первым великим американским физиком-теоретиком, который, как и другие “пророки”, получил признание в собственном университете в последнюю очередь. Памяти великого учёного был посвящён симпозиум, состоявшийся в 2003 г. в Йеле.

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

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Гиббс Д.В.* Термодинамика. Статистическая механика. М.: Наука, 1982.
2. *Стройк Д.Дж.* Становление науки в США. М.: Прогресс, 1966.
3. *Франкфурт У.И., Френк А.М.* Джозайя Виллард Гиббс. М.: Наука, 1964.
4. *Уилсон М.* Американские учёные и изобретатели. М.: Знание, 1964.
5. *Максвелл Дж.К.* Статьи и речи. М.: Наука, 1968.
6. *Максвелл Дж.К.* Труды по кинетической теории. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.
7. *Винер Н.* Творец и будущее. М.: АСТ, 2003.
8. *Климонтович Ю.Л.* Статистическая физика. М.: Наука, 1982.
9. *Больцман Л.* Избранные труды. М.: Наука, 1984.
10. *Базаров И.П.* Заблуждения и ошибки в термодинамике. М.: УРСС, 2003.
11. *Дайсон Ф.* Упущенные возможности // Успехи математических наук. 1980. Т. 35. Вып. 1.
12. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. Т. III. М.: Наука, 1966.
13. *Пайс А.* Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна. М.: Наука, 1989.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ  
ОТДЕЛ

ПРЕЗИДИУМ РАН РЕШИЛ

(ноябрь–декабрь 2013 г.)

• Считать утратившим силу п. 1 постановления Президиума РАН от 24 января 2006 г. № 18 “О Совете РАН по космосу” и от 29 июня 2010 г. № 163 “Об утверждении состава и структуры Совета РАН по космосу”.

Утвердить **Положение о Совете РАН по космосу**:

Совет РАН по космосу является научно-методическим и консультативным органом при Президиуме РАН в области фундаментальных космических исследований (ФКИ), имеющих общеакадемический характер и направленных на решение актуальных проблем и задач по всему спектру существующих направлений этих исследований. Совет в своей деятельности руководствуется действующим законодательством Российской Федерации, Уставом РАН, постановлениями и распоряжениями Президиума РАН, а также настоящим Положением.

Основными задачами Совета РАН по космосу являются:

координация работ в области ФКИ;

организация взаимодействия РАН с органами законодательной и исполнительной власти Российской Федерации, включая Роскосмос, Росгидромет, МИД России, Минобороны России и другие органы исполнительной власти Российской Федерации в области ФКИ;

научно-методическая и организационная поддержка работы Межведомственной экспертной комиссии по космосу;

подготовка и представление в Военно-промышленную комиссию при Правительстве РФ, руководству РАН и Роскосмоса ежегодных анализов состояния и перспектив (прогнозов) реализации ФКИ в Российской Федерации и за рубежом;

координация работ по международному сотрудничеству в области ФКИ;

регулярная экспертная оценка эффективности результатов, полученных при проведении ФКИ, и формирование рекомендаций по их использованию в других областях науки и техники;

информирование российской общественности о планах и результатах работ в области ФКИ;

рассмотрение вопросов использования потенциала высших учебных заведений при реализации программы ФКИ.

Совет РАН по космосу в соответствии с возложенными на него задачами

обеспечивает научно-методическую и экспертную поддержку работы Межведомственной экспертной комиссии по космосу;

осуществляет научно-методическое руководство работой институтов РАН и высших учебных

заведений в части создания ракетно-космических комплексов научного назначения (в области ФКИ) и научной аппаратуры в рамках Федеральной космической программы России, включая анализ состояния и выбор приоритетов и направлений проведения ФКИ, определение целей и задач космических программ научных исследований, космических научных проектов и комплексов научной аппаратуры (КНА), координацию и организацию работ по тематической обработке и хранению получаемой космической информации в области ФКИ;

обеспечивает получение объективных экспертных оценок результатов ФКИ и формирование рекомендаций по их практическому использованию в различных направлениях науки и техники;

обеспечивает разработку, рассматривает и представляет к утверждению руководству РАН научно-технические прогнозы развития основных направлений ФКИ на 10–15 лет; предложения к Программе ФКИ на 10 лет, представляющей собой совокупность наиболее актуальных с научной точки зрения программ и проектов, имеющих целью проведение наблюдений, исследований и экспериментов в космическом пространстве для получения приоритетных научных результатов мирового уровня в различных направлениях ФКИ;

координирует разработку и представление руководству РАН и Роскосмоса предложений РАН в части ФКИ в Федеральную космическую программу России;

осуществляет после утверждения Федеральной космической программы России Правительством РФ мониторинг за реализацией раздела ФКИ этой программы институтами РАН и высшими учебными заведениями России;

формирует и представляет руководству РАН и Роскосмоса предложения о целесообразности использования результатов ФКИ для решения прикладных научно-технических задач в других отраслях промышленности;

осуществляет координацию совместных работ институтов РАН с научными организациями зарубежных стран в области ФКИ;

осуществляет координацию связей институтов РАН с международными научными организациями, в том числе с Международным комитетом по космическим исследованиям (КОСПАР), Международной астронавтической федерацией (МАН), Международной академией космонавтики (МАА) и Комитетом ООН по космосу;

организует научно-методическую и экспертную поддержку работ, проводимых МИД России в области космической деятельности;

рассматривает и представляет на утверждение руководству РАН технические задания (ТЗ) на разработку ракетно-космических комплексов (космических аппаратов — КА) научного назначения (включая основные цели и задачи, а также состав комплексов научной аппаратуры);

рассматривает и согласовывает технические задания на научную аппаратуру, устанавливаемую на КА социально-экономического и оборонного назначения;

организует проведение экспертизы технических предложений и эскизных проектов ракетно-космических комплексов и КА научного назначения, включая комплексы научной аппаратуры, и представляет результаты их рассмотрения руководству РАН на утверждение;

рассматривает и выдаёт заключение по лётным научным программам в области ФКИ, реализуемых с использованием КА научного, социально-экономического и оборонного назначения;

проводит экспертизу научной актуальности предложений и возможностей научно-методической и технической реализации задач комплексов научной аппаратуры, а также научной ценности результатов, полученных при проведении ФКИ;

осуществляет координацию деятельности институтов РАН по информированию общественности в органах печати, на телевидении и выставках о ходе, перспективах и итогах работ в области ФКИ;

участвует в рассмотрении и решении вопросов совершенствования методов координации, организации и управления работами в области ФКИ.

Совет РАН по космосу для выполнения возложенных на него задач имеет право:

организовывать и проводить экспертизу научных проектов в области ФКИ, представляемых институтами РАН и высшими учебными заведениями России;

запрашивать информацию от институтов РАН и высших учебных заведений России о состоянии и планах реализации космических проектов научного назначения, включённых в раздел ФКИ Федеральной космической программы России;

представлять руководству РАН рекомендации по кандидатурам научных руководителей космических проектов научного назначения; запрашивать и заслушивать их доклады о состоянии работ по этим проектам и о полученных результатах;

образовывать и ликвидировать комиссии и экспертные рабочие группы совета по актуальным научно-техническим проблемам в области ФКИ, которые работают в соответствии с утверждёнными советом положениями;

определять цели, задачи и порядок работы комиссий и экспертных рабочих групп;

привлекать экспертов из числа наиболее компетентных специалистов в области ФКИ для кон-

сультаций, подготовки и рассмотрения соответствующих вопросов;

рассматривать и утверждать научную проблематику и персональный состав; руководить работой секций и подсекций по основным направлениям ФКИ, экспертных комиссий, рабочих групп и других координационных органов в области ФКИ.

Структура Совета РАН по космосу утверждается Президиумом РАН по постановлению председателя совета. Персональный состав совета, формируемый из числа наиболее квалифицированных специалистов РАН и других ведомств в области ФКИ, утверждается Президиумом РАН и включает председателя совета, его заместителей, членов бюро, учёного секретаря и членов совета.

Научно-организационное обеспечение деятельности совета возлагается на Исполнительное бюро по космосу РАН.

Совет работает в соответствии с ежегодными планами, утверждаемыми председателем совета. Решения совета и его бюро принимаются простым большинством голосов членов совета (бюро), принимающих участие в заседании, и, в случае необходимости, реализуются в установленном порядке (постановлениями или распоряжениями Президиума РАН).

Совет ежегодно представляет в Президиум РАН отчёт о проделанной работе и наиболее важных результатах, полученных при проведении ФКИ в Российской Федерации.

Совет имеет служебный бланк с обозначением своего наименования и печать.

Утвердить **состав Совета РАН по космосу:**

**бюро совета:** академик Л.М. Зелёный — председатель; академик А.А. Боярчук — заместитель председателя; академик Н.П. Лавёров — заместитель председателя; кандидат экономических наук А.В. Алфёров (Исполнительное бюро по космосу РАН) — учёный секретарь; академик А.Ф. Андреев; И.В. Бармин (Федеральное космическое агентство, по согласованию); академик А.И. Григорьев; А.В. Ивашина (Войска воздушно-космической обороны Минобороны России, по согласованию); доктор физико-математических наук Г.Ф. Карабджак (Центральный научно-исследовательский институт машиностроения Федерального космического агентства, по согласованию); А.Н. Клепач (Министерство экономического развития РФ, по согласованию); член-корреспондент РАН М.В. Ковальчук; Ю.Н. Макаров (Федеральное космическое агентство, по согласованию); академик М.Я. Маров; академик Г.А. Месяц; Н.Ф. Моисеев (Военно-промышленная комиссия при Правительстве РФ, по согласованию); доктор физико-математических наук М.И. Панасюк (НИИ ядерной физики МГУ им. М.В. Ломоносова, по согласованию); академик Г.А. Попов; В.А. Соловьёв (Ракетно-космическая корпорация им. С.П. Королёва, по согласованию); академик Р.А. Сюняев; член-корреспондент РАН И.Б. Уша-

**ков**; кандидат технических наук **А.В. Фролов** (Росгидромет, по согласованию); доктор технических наук **В.В. Хартов** (НПО им. С.А. Лавочкина Федерального космического агентства, по согласованию); член-корреспондент РАН **В.А. Черепенин**; **А.Е. Шилов** (Федеральное космическое агентство, по согласованию);

**члены совета:** член-корреспондент РАН **О.М. Алифанов**; член-корреспондент РАН **Г.П. Аншаков**; кандидат физико-математических наук **В.В. Асмус** (НИЦ космической гидрометеорологии “Планета” Росгидромета, по согласованию); **А.В. Беляев** (Аппарат Правительства РФ, по согласованию); член-корреспондент РАН **Д.В. Бисикало**; академик **В.Г. Бондур**; доктор физико-математических наук **Г.К. Боровин** (Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН); доктор физико-математических наук **К.А. Боярчук** (Всероссийский НИИ электромеханики Федерального космического агентства, по согласованию); доктор физико-математических наук **А.М. Быков** (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН); **В.В. Ворон** (Федеральное космическое агентство, по согласованию); академик **Э.М. Галимов**; доктор физико-математических наук **А.М. Гальпер** (Московский инженерно-физический институт, по согласованию); член-корреспондент РАН **В.Ф. Гальченко**; академик **А.О. Глико**; доктор физико-математических наук **С.А. Гребенев** (Институт космических исследований РАН); **В.А. Давыдов** (Фонд перспективных исследований, по согласованию); кандидат технических наук **В.Н. Дядюченко** (Росгидромет, по согласованию); **К.С. Ёлкин** (ЦНИИ машиностроения Федерального космического агентства, по согласованию); академик **Г.А. Жеребцов**; доктор физико-математических наук **А.В. Захаров** (Институт космических исследований РАН); доктор технических наук **Б.Г. Захаров** (Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН); доктор физико-математических наук **Ю.И. Зецер** (Институт динамики геосфер РАН); академик **Ю.А. Израэль**; доктор медицинских наук **Е.А. Ильин** (ГНЦ РФ Институт медико-биологических проблем РАН); доктор технических наук **А.В. Ипатов** (Институт прикладной астрономии РАН); академик **Н.С. Кардашёв**; член-корреспондент РАН **В.В. Кведер**; доктор технических наук **А.Н. Кириллин** (ЦСКБ “Прогресс”, г. Самара, по согласованию); **Ю.Ю. Ковалёв** (Астрокосмический центр Физического института им. П.Н. Лебедева РАН); **Ю.Н. Коптев** (Госкорпорация “Ростехнологии”, по согласованию); доктор физико-математических наук **С.И. Климов** (Институт космических исследований РАН); доктор экономических наук **Н.И. Комков** (Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН); доктор физико-математических наук **О.И. Кораблёв** (Институт космических исследований РАН); академик **А.С. Коротеев**; кандидат физико-математических наук **Ю.Д. Котов** (Московский инже-

нерно-физический институт, по согласованию); **С.К. Крикалёв** (Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина, по согласованию); академик **О.Н. Крохин**; доктор физико-математических наук **С.В. Кузин** (Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН); доктор технических наук **В.В. Кузнецов** (Научно-организационное управление РАН); доктор физико-математических наук **В.Д. Кузнецов** (Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН); доктор физико-математических наук **В.Б. Лапшин** (Институт прикладной геофизики им. академика Е.К. Фёдорова Росгидромета, по согласованию); академик **В.П. Легостаев**; член-корреспондент РАН **В.А. Лопота**; **Н.А. Лукьянчиков** (НПО им. С.А. Лавочкина Федерального космического агентства, по согласованию); доктор технических наук **Е.А. Лупян** (Институт космических исследований РАН); доктор физико-математических наук **Т.П. Любимова** (Институт механики сплошных сред УрО РАН); доктор технических наук **Л.А. Макриденко** (ВНИИ электромеханики Федерального космического агентства, по согласованию); **М.Б. Мартынов** (НПО им. С.А. Лавочкина Федерального космического агентства, по согласованию); доктор физико-математических наук **И.Г. Митрофанов** (Институт космических исследований РАН); кандидат физико-математических наук **М.М. Могилевский** (Институт космических исследований РАН); доктор технических наук **Р.Р. Назиров** (НИИ точных приборов Федерального космического агентства, по согласованию); член-корреспондент РАН **О.И. Орлов**; доктор физико-математических наук **М.Н. Павлинский** (Институт космических исследований РАН); член-корреспондент РАН **А.А. Петрукович**; доктор технических наук **А.А. Романов** (ОАО “СИТРОНИК”); **А.В. Романов** (Конструкторское бюро “Арсенал” им. М.В. Фрунзе Федерального космического агентства, по согласованию); доктор физико-математических наук **Л.В. Рыхлова** (Институт астрономии РАН); кандидат физико-математических наук **В.П. Саворский** (Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН); доктор физико-математических наук **М.Е. Сачков** (Институт астрономии РАН); кандидат биологических наук **М.В. Смагина** (Институт лесоведения РАН); доктор технических наук **С.К. Татевян** (Институт астрономии РАН); член-корреспондент РАН **Н.А. Тестоедов**; доктор технических наук **А.С. Чеботарёв** (Особое конструкторское бюро Московского энергетического института Федерального космического агентства, по согласованию); академик **А.М. Черепашук**; член-корреспондент РАН **Б.М. Шустов**.

Утвердить Положение о секциях Совета РАН по космосу:

Секция Совета РАН по космосу является экспертным и консультативным органом Совета РАН по космосу в сфере научной проблематики



комплексного направления ФКИ, включённого в структуру совета.

Персональный состав секции включает сотрудников институтов РАН, высших учебных заведений и научно-исследовательских организаций других ведомств, специализирующихся (имеющих опубликованные научные работы) по проблематике секции.

Основными задачами секции в сфере её научной проблематики является выполнение в соответствии с решениями совета и поручениями руководства совета следующих функций: анализ тенденций развития конкретного направления ФКИ в Российской Федерации и за рубежом; разработка научно-технических прогнозов развития конкретного направления ФКИ на 10–15 лет; определение на базе научно-технических прогнозов ключевых (наиболее актуальных с научной точки зрения) проблем и задач развития конкретного направления ФКИ и выдача рекомендаций совету о наиболее рациональных путях и методах их решения (в том числе на конкурсной основе); рассмотрение предложений о целях и задачах научных программ и аппаратуры в области ФКИ для космических аппаратов научного и прикладного (в случае их использования для ФКИ) назначения и представление совету рекомендаций по этим вопросам; рассмотрение целей и задач научных исследований и экспериментов в области ФКИ, реализуемых институтами РАН на зарубежных космических аппаратах; проведение экспертной оценки научных результатов, полученных институтами РАН и научными организациями других ведомств при реализации лётных программ космических аппаратов научного назначения Федеральной космической программы России, и представление совету рекомендаций об их использовании в других областях науки; выполнение поручений руководства совета.

Секция в целях выполнения возложенных на неё задач имеет право запрашивать и получать от институтов РАН необходимую информацию.

Секция состоит из председателя, его заместителей, учёного секретаря и членов секции. Председатель секции утверждается Президиумом РАН по представлению совета. Проблематика и состав секции утверждается решением совета по представлению председателя секции.

Заседания секции проводятся в соответствии с ежегодными планами, утверждёнными руководством совета по представлению председателя секции, или по требованию не менее одной четверти членов секции.

Решения и рекомендации секции принимаются простым большинством голосов присутствовавших на заседании членов секции, представляются в совет и, в случае необходимости, реализуются решениями совета. Отчёты о проделанной работе секция ежегодно (не позднее 15 декабря текущего года) представляет в совет.

Утвердить структуру Совета РАН по космосу:

секция “Космическая биология и физиология” (председатель — член-корреспондент РАН **И.Б. Ушаков**); секция “Космическое материаловедение” (председатель — член-корреспондент РАН **М.В. Ковальчук**); секция “Исследования Земли из космоса” (председатель — академик **Н.П. Лавёров**); секция “Планеты и малые тела Солнечной системы” (председатель — доктор физико-математических наук **О.И. Кораблёв**, Институт космических исследований РАН); секция “Физика Солнца” (председатель — доктор физико-математических наук **В.Д. Кузнецов**, Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН); секция “Солнечно-земные связи” (председатель — член-корреспондент РАН **А.А. Петрукович**); секция “Внеатмосферная астрономия” (председатель — академик **А.А. Боярчук**); секция “Физика космических лучей” (председатель — доктор физико-математических наук **М.И. Панасюк**, НИИ ядерной физики МГУ им. М.В. Ломоносова); секция “Космическая геодинамика” (председатель — доктор технических наук **С.К. Татевян**, Институт астрономии РАН); экспертная комиссия “Фундаментальные проблемы осуществления космических полётов” (председатель — академик **Г.А. Попов**); экспертная комиссия “Правовые и социально-экономические вопросы космических исследований” (председатель — доктор экономических наук **Н.И. Комков**, Институт народно-хозяйственного прогнозирования РАН; заместитель председателя — кандидат экономических наук **А.В. Алфёров**, Исполнительное бюро по космосу РАН); экспертная комиссия “Использование космических данных” (председатель — доктор технических наук **Р.Р. Назиров**, Институт космических исследований РАН); экспертная комиссия “Проблемы научно-образовательных спутников” (председатель — член-корреспондент РАН **О.М. Алифанов**); экспертная рабочая группа по проблеме планетарной защиты (руководитель — член-корреспондент РАН **О.И. Орлов**); экспертная рабочая группа по космическим угрозам (руководитель — член-корреспондент РАН **Б.М. Шустов**); Координационный комитет по взаимодействию с Международным комитетом по космическим исследованиям (КОСПАР) (председатель — доктор физико-математических наук **М.И. Панасюк**, НИИ ядерной физики МГУ им. М.В. Ломоносова); Координационный комитет по взаимодействию с Международной астрономической федерацией (МАН) (председатель — член-корреспондент РАН **О.И. Орлов**).

• Утвердить следующий состав Президиума Самарского научного центра РАН, избранный Общим собранием центра сроком на пять лет: академик **В.П. Шорин** — председатель; член-корреспондент РАН **Ф.В. Гречников** — первый заместитель председателя; доктор технических наук **Ю.Н. Лазарев** (Самарский НЦ РАН) — главный учёный секретарь Президиума центра; член-кор-

респондент РАН **Г.С. Розенберг**; член-корреспондент РАН **В.А. Сойфер**; доктор технических наук **С.В. Смирнов** (Институт проблем управления сложными системами РАН).

- В целях обеспечения эффективного осуществления Санкт-Петербургским академическим университетом — научно-образовательным центром нанотехнологий РАН уставной деятельности, основным направлением которой является подготовка кадров высшей квалификации (магистров и аспирантов), а также учитывая, что образовательная и научно-образовательная деятельность академического университета осуществляется по индивидуальным учебным планам, реализующимся с привлечением к преподаванию ведущих учёных Санкт-Петербургского научного центра РАН, Президиум РАН постановляет: установить удельный норматив обеспеченности академического университета профессорско-преподавательскими кадрами — один преподаватель на четырёх обучающихся. Ректору университета академику **Ж.И. Алфёрову** обеспечить соответствие штатного расписания и фактического состояния профессорско-преподавательского состава Санкт-Петербургского академического университета установленному настоящим постановлением удельному нормативу.

- Принять предложение УрО РАН о введении Института физики металлов УрО РАН в состав учредителей журналов “Физика металлов и металловедение” РАН и УрО РАН и “Дефектоскопия” РАН и УрО РАН. Контроль за выполнением постановления возложить на вице-президента РАН академика **В.Н. Чарушина**.

- Утвердить доктора исторических наук **В.В. Согрина** главным редактором журнала “Новая и новейшая история” РАН сроком на пять лет.

- В соответствии с Порядком формирования программ фундаментальных исследований Президиума РАН, утверждённым распоряжением Президиума РАН от 23 сентября 2008 г. № 10104-653, Временным порядком финансирования программ фундаментальных исследований РАН, утверждённым распоряжением Президиума РАН от 24 февраля 2012 г. № 10104-153, и на основании решения Комиссии Президиума РАН по формированию перечня программ фундаментальных исследований РАН от 19 ноября 2013 г., утверждённой постановлением Президиума РАН от 9 сентября 2008 г. № 491, Президиум Российской академии наук постановляет:

1. Пролонгировать на 2014 год Перечень программ фундаментальных исследований Президиума РАН, утверждённый постановлением Президиума РАН от 13 декабря 2011 г. № 264 “О программах фундаментальных исследований РАН на 2012 год” и постановлением Президиума РАН от 25 декабря 2012 г. № 295 “О программах фундаментальных исследований РАН на 2013 год”.

2. Утвердить на 2014 год координаторов программ фундаментальных исследований Президиума РАН и региональных отделений РАН и распределение финансирования (субсидий на выполнение фундаментальных научных исследований по приоритетным направлениям, определяемым Российской академией наук) (приложение 1).

3. Утвердить распределение финансирования (субсидий на выполнение фундаментальных научных исследований по приоритетным направлениям, определяемым Российской академией наук) по программам фундаментальных исследований отделений РАН на 2014 год (приложение 2).

4. Координаторам программ фундаментальных исследований Президиума РАН и региональных отделений РАН до 15 января 2014 г. утвердить составы научных советов по соответствующим программам и организовать разработку программ в соответствии с Порядком формирования программ фундаментальных исследований Президиума РАН.

5. Президиумам региональных отделений РАН и бюро отделений РАН по областям и направлениям науки до 15 января 2014 г. разработать и утвердить перечни программ фундаментальных исследований отделений, координаторов программ и распределение финансирования (субсидий на выполнение фундаментальных научных исследований по приоритетным направлениям, определяемым Российской академией наук) между программами.

Бюро отделений РАН по областям и направлениям науки рассмотреть возможность пролонгации в 2014 г. Перечня программ фундаментальных исследований отделений РАН по областям и направлениям науки на 2013 г., утверждённого распоряжением Президиума РАН от 8 мая 2013 г. № 10104-389.

Поручить координаторам программ представить до 20 января 2014 г. на рассмотрение президиумов региональных отделений РАН и бюро отделений РАН по областям и направлениям науки основные задачи и структуры программ.

6. Координаторам программ фундаментальных исследований Президиума РАН, региональных отделений РАН и отделений РАН по областям и направлениям науки обеспечить отбор предложений институтов РАН по участию их в выполнении программ фундаментальных исследований РАН до 25 января 2014 г.

Принять к сведению, что указанные предложения институтов РАН на получение субсидий на выполнение фундаментальных научных исследований по приоритетным направлениям, определяемым Российской академией наук, представляются одновременно с проектом государственного задания на выполнение этих работ.

7. Контроль за выполнением настоящего постановления возложить на члена Президиума РАН академика **Г.А. Месяца**.

от 17 декабря 2013 г. № 278

Координаторы программ фундаментальных исследований Президиума РАН и региональных отделений РАН и распределение финансирования (субсидий на выполнение фундаментальных научных исследований по приоритетным направлениям, определяемым Российской академией наук) на 2014 год

№	Наименование программы	Координаторы	Распределение финансирования, млн. руб.
1	Физико-технические принципы создания технологий и устройств для интеллектуальных активно-адаптивных электрических сетей	ак. Шейндлин А.Е. ак. Костюк В.В.	54.2
2	Вещество при высоких плотностях энергии	чл.-к. Канель Г.И.	45.0
3	Энергетические аспекты глубокой переработки ископаемого и возобновляемого углеродсодержащего сырья	ак. Моисеев И.И.	32.0
4	Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики	ак. Лавёров Н.П.	55.6
5	Фундаментальные науки — медицине	ак. Григорьев А.И.	86.5
6	Молекулярная и клеточная биология	ак. Георгиев Г.П.	191.0
7	Механизмы интеграции молекулярных систем при реализации физиологических функций	ак. Наточин Ю.В.	25.0
8	Разработка методов получения химических веществ и создание новых материалов	ак. Тартаковский В.А.	50.9
9	Создание и совершенствование методов химического анализа и исследования структуры веществ и материалов	ак. Золотов Ю.А.	19.2
10	Фундаментальные свойства материи и астрофизика	ак. Матвеев В.А.	32.6
11	Экспериментальные и теоретические исследования фундаментальных взаимодействий на ускорителях ЦЕРН	чл.-к. Ритус В.И.	55.4
12	Фундаментальные процессы в высокотемпературной плазме с магнитной термоизоляцией	ак. Литвак А.Г.	40.9
13	Экстремальные световые поля и их приложения	ак. Багаев С.Н. ак. Гапонов-Грехов А.В.	42.8
14	Проблемы создания информационно-вычислительной среды на основе GRJD-технологий, облачных вычислений и современных телекоммуникационных систем	ак. Велихов Е.П. ак. Савин Г.И. ак. Жижченко А.Б.	34.2
15	Информационные, управляющие и интеллектуальные технологии и системы	ак. Емельянов С.В. ак. Журавлёв Ю.И.	19.2
16	Фундаментальные проблемы системного программирования	ак. Соколов И. А. ак. Иванников В.П.	19.2
17	Динамические системы и теория управления	ак. Куржанский А.Б.	17.1
18	Алгоритмы и математическое обеспечение для вычислительных систем сверхвысокой производительности	ак. Бетелин В.Б. ак. Четверушкин Б.Н.	34.2
19	Фундаментальные проблемы нелинейной динамики в математических и физических науках	ак. Фаддеев Л.Д. чл.-к. Кузнецов Е.А.	17.6
20	Квантовые мезоскопические и неупорядоченные структуры	ак. Андреев А.Ф.	42.8
21	Нестационарные явления в объектах Вселенной	ак. Боярчук А.А.	25.5
22	Фундаментальные проблемы исследований и освоения Солнечной системы	ак. Зелёный Л.М.	25.0
23	Фундаментальные проблемы океанологии: физика, геология, биология, экология	ак. Нигматулин Р.И. ак. Добрецов Н.Л.	42.1

Окончание

№	Наименование программы	Координаторы	Распределение финансирования, млн. руб.
24	Фундаментальные основы технологий наноструктур и наноматериалов	ак. Алфёров Ж.И.	156.0
25	Фундаментальные проблемы механики и смежных наук в изучении многомасштабных процессов в природе и технике	ак. Горячева И.Г. ак. Морозов Н.Ф.	19.2
26	Горение и взрыв	ак. Левин В.А. ак. Михайлов Ю.М.	25.0
27	Фундаментальный базис инновационных технологий прогноза оценки, добычи и глубокой комплексной переработки стратегического минерального сырья, необходимого для модернизации экономики России	ак. Леонтьев Л.И. ак. Рундквист Д.В.	38.1
28	Проблемы происхождения жизни и становления биосферы	ак. Галимов Э.М. ак. Розанов А.Ю.	40.0
29	Фундаментальные проблемы импульсной сильноточной электроники	ак. Месяц Г.А.	50.7
30	Живая природа: современное состояние и проблемы развития	ак. Павлов Д.С.	55.6
31	Роль пространства в модернизации России: природный и социально-экономический потенциал	ак. Котляков В.М.	19.7
32	Фундаментальные проблемы модернизации полиэтнического макрорегиона в условиях роста напряжённости	ак. Матишов Г.Г.	15.0
33	Традиции и инновации в истории и культуре	ак. Деревянко А.П.	19.9
34	Прогноз потенциала инновационной индустриализации России	ак. Ивантер В.В.	19.2
35	Экономика и социология науки и образования	ак. Осипов Г.В. ак. Садовничий В.А.	20.5
36	Корпусная лингвистика	ак. Иванов В.В. чл.-к. Плунгян В.А.	17.1
37	Физика высокого давления	ак. Стишов С.М.	20.0
38	Электромагнитные информационные технологии в исследованиях природной среды и человека	ак. Гуляев Ю.В.	
39	Программы фундаментальных исследований отделений РАН по областям и направлениям науки	ак. Гуляев Ю.В.	432.0
40	Программы фундаментальных исследований Уральского отделения РАН	ак. Чарушин В.Н.	315.0
41	Программы фундаментальных исследований Сибирского отделения РАН	ак. Асеев А.Л. ак. Сагдеев Р.З.	1125.0
42	Программы фундаментальных исследований Дальневосточного отделения РАН	ак. Сергиенко В.И.	264.0
ИТОГО:			3674.0

от 17 декабря 2013 г. № 278

Распределение финансирования (субсидий на выполнение фундаментальных научных исследований по приоритетным направлениям, определяемым Российской академией наук) по программам фундаментальных исследований отделений РАН на 2014 год

№	Отделение РАН	Распределение финансирования, млн. руб.
1	Отделение математических наук (ОМН)	41.3
2	Отделение физических наук (ОФН)	108.5
3	Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления (ОЭММПУ)	47.3
4	Отделение нанотехнологий и информационных технологий (ОНИТ)	41.0
5	Отделение химии и наук о материалах (ОХНМ)	72.5
6	Отделение биологических наук (ОБН)	20.8
7	Отделение физиологии и фундаментальной медицины (ОФФМ)	20.8
8	Отделение наук о Земле (ОНЗ)	47.2
9	Отделение историко-филологических наук (ОИФН)	16.3
10	Отделение общественных наук (ООН)	11.6
11	Отделение глобальных проблем и международных отношений (ОГПМО)	4.7
ИТОГО:		432.0

## ЮБИЛЕИ

### АКАДЕМИКУ А.В. АДРИАНОВУ – 50 ЛЕТ



Андрей Владимирович АДРИАНОВ — крупный учёный-биолог, специалист в области сравнительной морфологии, биологии развития, филогении, систематики беспозвоночных животных, морского биоразнообразия и экологии, автор более 100 научных публикаций, в том числе 5 книг, со-автор 10 коллективных монографий. Им обосновано сравнительно-анатомическое единство современных и ископаемых головохоботных червей в рамках единого типа животного царства; опубликованы определители мировой фауны по киноринхам, приапулидам, лорициферам, нематоморфам, сипункулидам; впервые описаны и объяснены эволюционные пути формирования и функциональная морфология сложных щупальцевых аппаратов во всех таксонах типа сипункулид, что определило новый

взгляд на филогению этой группы беспозвоночных животных.

Под руководством Андрея Владимировича ведутся масштабные работы по изучению биологического разнообразия дальневосточных морей России и каталогизация их морской биоты; разработаны технологии долгосрочного мониторинга морского биоразнообразия на особо охраняемых акваториях дальневосточных морей, в том числе с использованием необитаемых подводных аппаратов; осуществляются глубоководные биологические исследования с использованием современных робототехнических средств, позволяющие на новом техническом уровне провести инвентаризацию и количественный учёт глубоководного биоразнообразия и биоресурсов дальневосточных морей России.

А.В. Адрианов — директор Института биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, заместитель председателя ДВО РАН, вице-президент Гидробиологического общества РАН, член Совета

по науке и образованию при Президенте РФ, представитель Российской Федерации в Азиатско-Тихоокеанской сети по исследованиям глобальных изменений (APN), заведующий кафедрой биоразнообразия и морских биоресурсов и заместитель директора Школы естественных наук Дальневосточного федерального университе-

та, главный редактор журнала “Биология моря”, член редколлегии журнала “Вестник ДВО РАН”.

А.В. Адрианов — лауреат Государственной премии РФ, премии Фонда содействия отечественной науке при Президиуме РАН, премии им. академика А.В. Иванова.

#### АКАДЕМИКУ В.В. ОКРЕПИЛОВУ — 70 ЛЕТ



Владимир Валентинович ОКРЕПИЛОВ — выдающийся учёный-экономист, руководитель научной школы по экономике качества, автор более 440 научных публикаций, в том числе 22 монографий и 7 учебников для вузов. Он первым в России начал изучать взаимосвязь качественных характеристик явлений и объ-

ектов с экономическими показателями, создал новое научное направление — экономика качества, основанное на применении инструментов менеджмента качества, стандартизации и метрологии в обеспечении социально-экономического прогресса и повышении качества жизни. Он один из первых в нашей стране авторов работ по повышению эффективности регионального развития на основе внедрения моделей управления качеством на мезо- и макроуровне.

Под руководством учёного проведены фундаментальные научные исследования и расчёты экономического эффекта от деятельности в области стандартизации и метрологии; разработана не имеющая прямых аналогов в мире национальная система управления качеством, основанная на реализации методов программно-целевого планирования и направленная на повышение темпов модернизации экономики страны; создана многоуровневая система непрерывного обучения кадров по экономике качества.

В.В. Окрепилов был заместителем председателя Санкт-Петербургского научного центра РАН, членом Президиума РАН; в настоящее время он генеральный директор Государственного регионального центра стандартизации, метрологии и

испытаний в Санкт-Петербурге и Ленинградской области, ректор негосударственного образовательного учреждения Института управления качеством, заведующий филиалом базовой кафедры экономики и управления качеством Санкт-Петербургского государственного экономического университета, председатель диссертационного совета университета; член бюро Отделения общественных наук РАН и Президиума СПбНЦ РАН, председатель Северо-Западной секции содействия развитию экономической науки Отделения общественных наук РАН и СПбНЦ РАН, заместитель председателя Научного совета РАН по проблеме метрологического обеспечения и стандартизации и Межведомственного Северо-Западного координационного совета по фундаментальным и прикладным исследованиям при РАН; президент Метрологической академии, один из основателей и президент Санкт-Петербургского отделения Академии проблем качества России, академик Международной академии качества, член Королевского института качества (Великобритания) и Международной гильдии профессионалов качества; заместитель председателя Научно-технического совета при Правительстве Санкт-Петербурга и сопредседатель Экономического совета при губернаторе Санкт-Петербурга.

В.В. Окрепилов — заслуженный деятель науки и техники РФ, почётный работник науки и техники РФ, лауреат Государственной премии РФ, премий Президента РФ, Правительства РФ и Правительства Санкт-Петербурга, премии РАН за лучшие работы по популяризации науки, премии им. В.В. Новожилова Правительства Санкт-Петербурга и СПбНЦ РАН, награждён орденами “За заслуги перед Отечеством” IV степени, Почёта, Дружбы народов, медалями.

## АКАДЕМИКУ Г.Н. РЫКОВАНОВУ – 60 ЛЕТ



Георгий Николаевич РЫКОВАНОВ — выдающийся учёный в области физики экстремальных процессов и состояний, один из ведущих разработчиков ядерного оружия России, новейших образцов ядерных боеприпасов, автор и соавтор более 300 закрытых научных публикаций. Им выполнены расчётно-теоретиче-

ские и экспериментальные исследования гидродинамических явлений, турбулентности, детонации, термоядерного синтеза, экстремального состояния веществ. Созданные под руководством и при непосредственном участии учёного ядерные боеприпасы не уступают лучшим зарубежным аналогам и в настоящее время находятся на вооружении российской армии и флота.

Под руководством Георгия Николаевича ведутся научно-исследовательские работы по изучению радиационных и термодинамических характеристик плотной плазмы, гидродинамической не-

устойчивости и турбулентного перемешивания, взаимодействия мощного лазерного излучения с веществом, по использованию лазерных установок с ультракороткой длительностью импульса для исследования физики высоких плотностей энергии, по созданию и применению полупроводниковых, твердотельных и оптоволоконных лазеров. По его инициативе начаты экспериментальные, расчётные и технологические работы по изучению свойств ядерных материалов не только в интересах обороны, но и в сфере гражданского применения.

Г.Н. Рыкованов — научный руководитель Российского федерального ядерного центра — Всероссийского НИИ технической физики им. академика Е.И. Забабахина в г. Снежинске, заместитель председателя Научно-технического совета ядерного оружейного комплекса Госкорпорации «Росатом», член Научно-технического совета ВПК при Правительстве РФ.

Г.Н. Рыкованов — дважды лауреат Государственной премии РФ, награждён орденами «За заслуги перед Отечеством» IV степени и «Знак Почёта».

## АКАДЕМИКУ А.Р. ХОХЛОВУ – 60 ЛЕТ



Алексей Ремович ХОХЛОВ — крупный учёный в различных областях науки о полимерах, таких как теория электролитов и жидких кристаллов, физическая химия полимерных гелей и ассоциирующих полимеров, компьютерное моделирование полимерных систем, автор фундаментальных научных трудов мирового уровня

в области науки о полимерах как теоретического, так и прикладного характера — более 700 научных публикаций, в том числе 7 монографий и учебников, 25 обзоров.

А.Г. Хохлову принадлежит приоритет в разработке нового направления в науке о полимерах, связанного с переходами клубок—глобула в макромолекулярных системах. Разработанная им теория жидкокристаллического упорядочения в растворах жёсткоцепных полимеров с частичной гибкостью была подтверждена экспериментально и стала классической.

Учёным предложен ряд новых способов синтеза и модификации сополимеров, которые приводят к образованию неслучайных последователь-

ностей звеньев в цепи, имитирующих биополимеры, а также оригинальный подход к созданию макромолекул с требуемыми функциональными свойствами.

Алексей Ремович разработал новую теорию ассоциирующих полимеров, что позволило коллективу исследователей под его руководством создать новые полимерные жидкости для использования при нефтедобыче. Благодаря работам по модификации поверхности полимерных материалов при их набухании в сверхкритических жидкостях были получены новые износостойкие и биосовместимые пластики. На основе работ по получению металлических наночастиц контролируемой формы и размеров в полимерных матрицах были созданы новые эффективные катализаторы для производства витаминов. Научно-исследовательская группа по компьютерному моделированию полимерных систем во главе с А.Р. Хохловым является одной из лидирующих в мире.

А.Р. Хохлов — проректор МГУ им. М.В. Ломоносова и заведующий кафедрой физики полимеров и кристаллов физического факультета, член Президиума РАН, заместитель академика-секретаря Отделения химии и наук о материалах РАН, председатель Научного совета РАН по высокомо-

лекулярным соединениям, председатель Совета по науке при Минобрнауки России, почётный профессор Университета г. Ульм (Германия), член редколлегии ряда отечественных и международных научных журналов. Среди его учеников более 10 докторов и 50 кандидатов наук.

А.Р. Хохлов — лауреат Государственной премии РФ, премии Ленинского комсомола, Ломоносовской премии МГУ им. М.В. Ломоносова, премий им. А. фон Гумбольдта и им. В. Пауля (Германия), награждён медалью ордена “За заслуги перед Отечеством” II степени.

#### АКАДЕМИКУ Б.Н. ЧЕТВЕРУШКИНУ — 70 ЛЕТ



Борис Николаевич ЧЕТВЕРУШКИН — крупный учёный-математик, специалист в области прикладной математики, параллельных вычислений и математического моделирования, автор более 300 научных публикаций, в том числе 4 монографий. Им разработаны алгоритмы для решения задач динамики излучающего га-

за, в том числе оригинальный метод лебеговского осреднения по частоте фотонов и “ $\alpha$ - $\beta$ ”-итерационный метод решения систем сеточных уравнений. Методы применялись для моделирования важных научных, технических и оборонных задач.

Учёным предложен новый подход к решению задач газовой динамики — кинетические разностные схемы. В отличие от других методов этот алгоритм в явном виде использует связь между кинетическим и газодинамическим описанием сплошной среды.

Борис Николаевич создал научную школу, разрабатывающую модели, алгоритмы и математическое обеспечение, которые позволяют успешно моделировать на высокопроизводительных многопроцессорных системах научные и технические задачи. В 2010 г. с опорой на эти научные подходы был создан и введён в эксплуатацию оригинальный гибридный вычислительный комплекс К-100.

Б.Н. Четверушкин — директор Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, заведующий кафедрой Московского физико-технического института, член бюро Совета РФФИ, главный редактор журнала “Математическое моделирование”, член редколлегии “Журнала вычислительной математики и математической физики”. Среди его учеников 6 докторов и 28 кандидатов наук.

Б.Н. Четверушкин — заслуженный деятель науки РФ, лауреат премии им. А.Н. Крылова РАН.

#### ЧЛЕНУ-КОРРЕСПОНДЕНТУ РАН С.М. ГОЛУБКОВУ — 60 ЛЕТ



Сергей Михайлович ГОЛУБКОВ — известный учёный в области функциональной экологии гидробионтов, автор около 240 научных публикаций, в том числе 10 монографий. Являясь представителем современной российской научной школы продукционной гидробиологии, он на основе многолетних данных разработал положение

о биоценоотическом контроле жизненных циклов и эволюции водных животных; осуществил синтез теории динамики пищевых цепей и теории сукцессии биологических сообществ; разработал сукцессионный подход к анализу динамики экологических систем континентальных водоёмов под воздействием естественных и ан-

тропогенных факторов внешней среды — климатических изменений, загрязнения и эвтрофирования водоёмов. Им созданы методологические основы сохранения биологического разнообразия и биологических ресурсов водных экосистем.

Широко известны работы Сергея Михайловича по биологическому разнообразию и экологии Балтийского моря. Он руководил рядом международных проектов, направленных на сохранение его биологического разнообразия.

С.М. Голубков — главный научный сотрудник Зоологического института РАН, профессор кафедры ихтиологии и гидробиологии Санкт-Петербургского государственного университета, член президиума и председатель Санкт-Петербургского отделения Гидробиологического общества при РАН, член редколлегии “Русского гидробиологического журнала”. Среди его учеников 4 кандидата наук.



## НАГРАДЫ И ПРЕМИИ

## ПРЕМИЯ ИМЕНИ А.Е. ФЕРСМАНА 2013 ГОДА – В.К. ГАРАНИНУ



Президиум Российской академии наук присудил премию им. А.Е. Ферсмана 2013 г. доктору геолого-минералогических наук Виктору Константиновичу Гаранину (Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН) за цикл работ “Дискретность и полигенность алмаза – фундаментальные основы его происхождения

и поиска новых месторождений”.

В.К. Гаранин – известный в мировом геологическом научном сообществе специалист в области исследования алмаза, алмазоносных пород и комплекса ультраосновных щелочных пород и карбонатитов. Удостоенный премии цикл работ посвящён исследованию генетической и при-

кладной минералогии алмаза, морфологии, внутреннему строению его кристаллов, химическому составу примесей и связей этих параметров с кимберлитами, их природой, временем и длительностью образования, глубиной источников зарождения в земной коре и верхней мантии. Обобщены результаты изучения Архангельской и Якутской алмазоносных провинций. Цикл работ представляет собой итог 35-летних исследований автора по этой тематике. Научные достижения В.К. Гаранина вносят существенный вклад в решение фундаментальных проблем минералогии и геохимии, а также ряда прикладных задач, связанных с поиском, оценкой и прогнозированием новых алмазоносных объектов. Исследования В.К. Гаранина также связаны с выполнением работ оборонного заказа в интересах государственной безопасности Российской Федерации.

## ПРЕМИЯ ИМЕНИ В.А. ФОКА 2013 ГОДА – С.В. МАЛЕЕВУ



Президиум Российской академии наук присудил премию им. В.А. Фока 2013 г. доктору физико-математических наук Сергею Владимировичу Малееву (Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова РАН) за цикл работ “Взаимодействия низкой симметрии в теории магнетизма”.

С.В. Малеев является широко известным специалистом в области теории магнетизма. Уже в его ранних работах были получены классические результаты, которые вошли в учебники (преобразование Дайсона–Малеева). В дальнейшем им были выполнены фундаментальные теоретические исследования механизмов рассеяния поля-

ризованных нейтронов в магнитных кристаллах. В последние годы большое внимание он уделял исследованию взаимодействий низкой симметрии в теории магнетизма. Этой проблеме и посвящён удостоенный премии цикл работ, где рассматривается роль дипольных сил в двумерных ферромагнетиках, псевдодипольное взаимодействие в обменно-фрустрированных антиферромагнетиках, динамические киральные флуктуации в фрустрированных магнетиках, а также кубические спиральные магнетики без центра инверсии, где главную роль играет взаимодействие Дзялошинского–Мория. Все работы, вошедшие в представленный цикл, выполнены на высоком научном уровне и являются значительным вкладом в современную теорию магнетизма. Имя С.В. Малеева и его научные результаты широко известны в научных кругах России и за рубежом.

Сдано в набор 16.01.2014 г.	Подписано к печати 18.02.2014 г.	Дата выхода в свет 23 ежем.	Формат 60 × 88 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>
Офсетная печать	Усл. печ. л. 12.0	Усл. кр.-отт. 25.6 тыс.	Уч.-изд. л. 12.1
	Тираж 2064 экз.	Зак. 2000	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