

# ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

*научный и общественно-политический журнал*

том 92    № 9    2022    Сентябрь

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

*Журнал издаётся под руководством  
Президиума РАН*

*Главный редактор*  
А.Р. Хохлов

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А.В. Адрианов, В.П. Анаников, Ю.Д. Апресян, А.Л. Асеев,  
Л.И. Бородин, В.В. Бражкин, В.А. Васильев, А.И. Григорьев,  
А.А. Гусейнов, Г.А. Заикина (заместитель главного редактора),  
Л.М. Зелёный, Н.И. Иванова,  
А.И. Иванчик (заместитель главного редактора),  
С.В. Кривовичев, А.П. Кулешов, А.Н. Лагарьков, Ю.Ф. Лачуга,  
А.Г. Лисицын-Светланов, А.В. Лопатин, А.М. Молдован,  
В.И. Молодин, В.В. Наумкин, С.А. Недоспасов, А.Д. Некипелов,  
Р.И. Нигматулин, Н.Э. Нифантьев, А.Н. Паршин,  
В.М. Полтерович, С.М. Рогов, Г.Н. Рыкованов,  
Р.Л. Смелянский, О.Н. Соломина, В.А. Тишков, В.А. Ткачук,  
А.А. Тотолян, М.А. Федонкин, Т.Я. Хабриева,  
Е.А. Хазанов, В.И. Цетлин, В.А. Черешнев,  
В.П. Чехонин, И.А. Щербаков, А.В. Юревич

*Заместитель главного редактора*  
Г.А. Заикина

*Заведующая редакцией*  
О.Н. Смола

E-mail: [vestnik@eco-vector.com](mailto:vestnik@eco-vector.com), [vestnik@pleiadesonline.com](mailto:vestnik@pleiadesonline.com)

Москва

ООО «Тематическая редакция»

Оригинал-макет подготовлен ООО «ИКЦ «АКАДЕМКНИГА»

---

© Российская академия наук, 2022  
© Редколлегия журнала  
“Вестник РАН” (составитель), 2022

Свидетельство о регистрации средства массовой информации  
ПИ № ФС77-67137 от 16 сентября 2016 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

---

Подписано к печати 05.09.2022 г.	Формат 60 × 88 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	Усл. печ. л. 11.98	Уч.-изд. л. 12.25
Тираж 161 экз.	Зак. 3970	Цена договорная	

---

Учредитель: Российская академия наук

---

Издатель: Российская академия наук, 119991 Москва, Ленинский просп., 14  
Исполнитель по госконтракту № 4У-ЭА-131-21 ООО «Тематическая редакция»,  
125252, г. Москва, ул. Зорге, д. 19, этаж 3, помещ. VI, комн. 44  
Отпечатано в типографии «Book Jet» (ИП Коняхин А.В.),  
390005, г. Рязань, ул. Пушкина, 18, тел. (4912) 466-151

16+

# СОДЕРЖАНИЕ

---

Том 92, номер 9, 2022

---

## Наука и общество

- Н. А. Горячев, М. И. Кузьмин, В. В. Ярмолюк, А. Н. Диденко,  
О. В. Петров, Д. П. Гладкочуб, А. Р. Оганов, А. Н. Кузнецова,  
В. А. Верниковский, В. С. Шацкий, А. Б. Котов, А. Б. Перепелов*  
Нужны ли геология и минеральные ресурсы Российской Федерации? 825
- 

## С кафедры президиума РАН

- И. О. Абрамова, Л. Л. Фитуни*  
Пути повышения эффективности африканской стратегии России  
в условиях кризиса существующего миропорядка 837
- 

## Обозрение

- И. П. Цапенко, И. В. Гришин*  
Виртуализация трансграничной трудовой миграции 849
- 

## Точка зрения

- В. В. Сунцов*  
Филогенез микроба чумы *Yersinia pestis*: уникальность эволюционной модели 860
- 

## Проблемы экологии

- О. В. Бухарин, С. В. Андрющенко, Н. Б. Перунова, Е. В. Иванова*  
Экологическая детерминация индигенных бифидобактерий кишечника человека 869
- 

## Из рабочей тетради исследователя

- А. А. Акаев, В. А. Садовничий*  
Математическая модель для прогнозирования глобальной демографической  
динамики в эпоху использования интеллектуальных машин 877
- 

## За рубежом

- Е. О. Заклязьминская*  
Научно-технический потенциал Китая в условиях технологических санкций США 885
- 

## Былое

- В. К. Воронов*  
Ядерный магнитный резонанс в Иркутском институте химии СО РАН 893
- В. Г. Ананьев, М. Д. Бухарин*  
Российская наука и государство в конце 1920-х — начале 1930-х годов 900
- 

## В мире книг

- Р. С. Гиляревский*  
М.А. Акоев, В.А. Маркусова, О.В. Москалёва, В.В. Писляков.  
Руководство по наукометрии: индикаторы развития науки и технологии 911
- 

## Официальный отдел

- Награды и премии 916
-

# CONTENTS

---

Vol. 92, No. 9, 2022

---

## Science and society

- N. A. Goryachev, M. I. Kuzmin, V. V. Yarmolyuk, O. V. Petrov, A. N. Didenko,  
D. P. Gladkochub, A. R. Oganov, A. N. Kuznetsova, V. A. Vernikovskiy,  
V. S. Shatsky, A. B. Kotov, A. B. Perepelov*  
Do we need Geology and Mineral resources for the Russian Federation? 825
- 

## On the Rostrum of the RAS Presidium

- I. O. Abramova, L. L. Fituni*  
Ways to increase the effectiveness of Russia's African strategy in the context  
of the crisis of the existing world order 837
- 

## Review

- I. P. Tsapenko, I. V. Grishin*  
Virtualization of cross-border labor migration 849
- 

## Point of view

- V. V. Suntsov*  
Phylogeny of the plague microbe *Yersinia pestis*: uniqueness of the evolutionary model 860
- 

## Problems of Ecology

- O. V. Bukharin, S. V. Andryushchenko, N. B. Perunova, E. V. Ivanova*  
Ecological determination of indigenous human intestinal bifidobacteria 869
- 

## From the researcher's notebook

- A. A. Akaev, V. A. Sadovnichy*  
A mathematical model for predicting global demographic dynamics in the era  
of the use of intelligent machines 877
- 

## Abroad

- E. O. Zaklyazminskaya*  
China's scientific and technical potential in the face of US technological sanctions 885
- 

## Bigone Times

- V. K. Voronov*  
Nuclear Magnetic Resonance at the Irkutsk Institute of Chemistry SB RAS 893
- V. G. Ananyev, M. D. Bukharin*  
Russian Science and the State in the late 1920s – early 1930s 900
- 

## In the book world

- R. S. Gilyarevsky*  
Reviewed: M. A. Akoev, V. A. Markusova, O. V. Moskalova, V. V. Pislyakov.  
Guide to Scientometry: indicators of the development of science and technology 911
- 

## Official section

- Awards and prizes 916
-



## НУЖНЫ ЛИ ГЕОЛОГИЯ И МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ?

© 2022 г. Н. А. Горячев<sup>a,b,\*</sup>, М. И. Кузьмин<sup>a,\*\*</sup>, В. В. Ярмолук<sup>c,\*\*\*</sup>, А. Н. Диденко<sup>d,\*\*\*\*</sup>,  
О. В. Петров<sup>e,\*\*\*\*\*</sup>, Д. П. Гладкочуб<sup>f,\*\*\*\*\*</sup>, А. Р. Оганов<sup>g,h,\*\*\*\*\*</sup>, А. Н. Кузнецова<sup>i,\*\*\*\*\*</sup>,  
В. А. Верниковский<sup>k,l,\*\*\*\*\*</sup>, В. С. Шацкий<sup>l,m,\*\*\*\*\*</sup>, А. Б. Котов<sup>n,\*\*\*\*\*</sup>,  
А. Б. Перепелов<sup>a,\*\*\*\*\*</sup>

<sup>a</sup>Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия

<sup>b</sup>Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило ДВО РАН, Магадан, Россия

<sup>c</sup>Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, Россия

<sup>d</sup>Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, Хабаровск, Россия

<sup>e</sup>Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского,  
Санкт-Петербург, Россия

<sup>f</sup>Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

<sup>g</sup>Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия

<sup>h</sup>Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва, Россия

<sup>i</sup>Отдел региональных экономических и социальных проблем Иркутского научного центра СО РАН, Иркутск, Россия

<sup>k</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>l</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

<sup>m</sup>Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>n</sup>Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург, Россия

\*E-mail: goryachev@neisri.ru

\*\*E-mail: nshang@igc.irk.ru

\*\*\*E-mail: yarm1945@mail.ru

\*\*\*\*E-mail: alexei\_didenko@mail.ru

\*\*\*\*\*E-mail: OPetrov@vsegei.ru

\*\*\*\*\*E-mail: dima@crust.irk.ru

\*\*\*\*\*E-mail: a.r.oganov@mail.ru

\*\*\*\*\*E-mail: an@isc.irk.ru

\*\*\*\*\*E-mail: VernikovskiyVA@ipgg.sbras.ru

\*\*\*\*\*E-mail: shatsky@igm.nsc.ru

\*\*\*\*\*E-mail: abkotov-spb@mail.ru

\*\*\*\*\*E-mail: alper@igc.irk.ru

Поступила в редакцию 23.03.2022 г.

После доработки 06.04.2022 г.

Принята к публикации 18.04.2022 г.

ГОРЯЧЕВ Николай Анатольевич — академик РАН, главный научный сотрудник ИГХ им. А.П. Виноградова СО РАН, главный научный сотрудник СВКНИИ им. Н.А. Шило ДВО РАН. КУЗЬМИН Михаил Иванович — академик РАН, советник РАН. ЯРМОЛЮК Владимир Викторович — академик РАН, заведующий лабораторией ИГЕМ РАН. ДИДЕНКО Алексей Николаевич — член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник ИТиГ им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН. ПЕТРОВ Олег Владимирович — генеральный директор ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского. ГЛАДКОЧУБ Дмитрий Петрович — член-корреспондент РАН, директор ИЗК СО РАН. ОГАНОВ Артём Ромаевич — доктор физико-математических наук, профессор Сколтеха. КУЗНЕЦОВА Анна Николаевна — кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник Отдела региональных экономических и социальных проблем ИНЦ СО РАН. ВЕРНИКОВСКИЙ Валерий Арнольдович — академик РАН, заведующий лабораторией ИНГиГ им. А.А. Трофимука СО РАН, декан геолого-геофизического факультета НГУ. ШАЦКИЙ Владислав Станиславович — академик РАН, заведующий кафедрой геолого-геофизического факультета НГУ, заведующий лабораторией ИГМ им. В.С. Соболева СО РАН. КОТОВ Александр Борисович — член-корреспондент РАН, заведующий лабораторией, главный научный сотрудник ИГГД РАН. ПЕРЕПЕЛОВ Александр Борисович — доктор геолого-минералогических наук, директор ИГХ им. А.П. Виноградова СО РАН.

В статье проведён исторический анализ ситуации в геологической науке и практике в России. Показано значение геологической отрасли в жизни страны, рассмотрены проблемы фундаментальной и прикладной науки, а также подготовки кадров для отрасли. Отмечена важная роль Российской академии наук в работе и развитии академических институтов геологического профиля. Предложено создать Федеральную геологическую службу РФ в ранге самостоятельного агентства с главной функцией геологического изучения территории страны для нужд государства и общества.

*Ключевые слова:* геологическая наука, геологическая практика и образование в России, роль РАН в геологических науках, Геологическая служба России.

DOI: 10.31857/S0869587322090079

Авторы этой статьи — директора академических и отраслевых институтов Российской Федерации, академики и члены-корреспонденты Российской академии наук, геологи, геофизики и рудники, имеющие большой геологический научный и производственный опыт. Статья подготовлена в связи с критическим состоянием фундаментальных и прикладных геологических исследований в России. Необходимость решения этой проблемы усугубляется современной политической ситуацией в мире, особенно в связи с санкционной политикой западных стран по отношению к нашей стране. Минеральные ресурсы (нефть, газ, алмазы, никель, платина, благородные и многие другие металлы) продолжают оставаться главными источниками влияния России на мировую экономику. Вместе с тем очевидно, что основная масса месторождений полезных ископаемых в Российской Федерации была открыта более 30 лет назад, то есть ещё при существовании Советского Союза. Для пополнения минеральных ресурсов страны необходимо перестроить геологическую службу, обеспечить возможность развития академических и отраслевых институтов геолого-геофизического профиля, пересмотреть геологическую подготовку кадров и повысить престиж геологии.

Предлагаемая статья представляет собой попытку рассмотреть сложившуюся ситуацию сквозь призму прошедшего времени и дать оценку современной ситуации в геологических науках, а также представить авторские предложения по оптимальному развитию геологии в России, учитывая развязанную Западом санкционную деятельность против Российской Федерации.

## ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК РАЗВИТИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ В РОССИИ

Во все времена отечественной истории в структуре государственного управления присутствовали специальные органы (Приказ рудокопных дел, Геологический комитет, Министерство геологии и пр.), отвечавшие за геологическое изучение страны, поскольку огромная территория требовала внимания, знания и учёта. В последнее

столетие эти ведомства работали в трёх направлениях: обеспечение страны минерально-сырьевой базой и её воспроизводство; собственно геологическое изучение недр в рамках разномасштабного геологического картирования и тематических научных исследований; подготовка и переподготовка геологических кадров для решения указанных задач.

Следует отметить, что планомерное геологическое изучение России началось с конца XIX в. под эгидой Геологического комитета, созданного по указу императора Александра II в январе 1882 г. в составе Горного департамента Министерства государственного имущества для систематического исследования геологического строения России, а также составления и издания геологической карты государства, содействия другим ведомствам и частным лицам. В 1912 г. императором Николаем II был утверждён Закон “Об установлении Положения о Геологическом комитете и штата сего комитета”, который, по сути, определил основные направления работы Геолкома, зафиксированные в учредительных документах [1, 2]. После революционных событий 1917 г. новым руководством страны в 1918 г. Геолком был передан в ведение Высшего Совета народного хозяйства (ВСНХ), а в 1929 г. выделен из состава Научно-технического управления ВСНХ СССР и преобразован в Главное геологоразведочное управление (ГГРУ) с непосредственным подчинением Президиуму ВСНХ СССР с функциями координации и планирования геологоразведочных работ. Одновременно были созданы восемь научных институтов, среди которых выделялся Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт (ЦНИГРИ) в Ленинграде, преобразованный в 1939 г. во Всесоюзный (ныне Всероссийский) научно-исследовательский геологический институт (ВСЕГЕИ). Сегодня ВСЕГЕИ осуществляет государственное геологическое картирование территории Российской Федерации, обеспечивает геологическими данными органы государственной власти и недропользователей.

В 1946 г. было образовано Министерство геологии СССР, обеспечившее систематические ра-

боты по разномасштабному геологическому картированию, составлению и изданию государственных геологических карт в полистной международной разграфке масштабов 1: 1 000 000 и 1: 200 000, завершённые к середине 1980-х годов. Программа государственного геологического картирования масштаба 1: 1 000 000 первого поколения — самый значительный проект геологических исследований в мировой истории, реализация которого позволила уже в 1956 г. составить первую обзорную геологическую карту страны масштаба 1: 2 500 000 без белых пятен (под редакцией академика Д.В. Наливкина), удостоенную Ленинской премии. Наиважнейшее значение для развития минерально-сырьевой базы имело среднemasштабное (1: 200 000) государственное картирование, благодаря которому были открыты сотни средних и крупных месторождений чёрных, цветных, благородных, редких металлов и неметаллических полезных ископаемых, в том числе алмазы Якутии, нефть и газ Западной Сибири и многие другие [3].

Структура Мингео СССР состояла из трёх блоков: основной — 60 научно-производственных (в том числе территориальных геологических управлений) организаций; система прикладных институтов, которая включала 50 НИИ; 30 заводов по выпуску геофизического, бурового и другого оборудования. Это обеспечивало опережающее исследование недр и чёткую ориентацию на открытие необходимых полезных ископаемых [4]. Усилия многих поколений геологов позволили создать уникальную минерально-сырьевую базу России, не имеющую мировых аналогов, которая до сих пор обеспечивает успешное функционирование многопрофильного минерально-сырьевого комплекса.

На протяжении всей истории геологической службы с государственными структурами тесно сотрудничала Академия наук в лице её членов, а затем институтов и других подразделений. Достаточно указать на то, что первым руководителем Геологического комитета в 1882 г. стал академик Г.П. Гельмерсен, а членами — академики А.П. Карпинский (директор в 1885–1903 гг., почётный директор в 1903–1929 гг.) и И.В. Мушкетов. Одновременно с реорганизацией Геолкома в 1930 г. были созданы Геологический, Петрографический и Палеозоологический институты АН СССР, а в 1932 г. — Институт геохимии, кристаллографии и минералогии им. М.В. Ломоносова Академии наук СССР, послужившие базой академических геологических исследований и давшие жизнь академическому научному геологическому направлению. Работы учёных из этих институтов охватывали всю территорию огромной страны [5, 6]. В 1937 г. на их базе был создан Институт геологических наук, из которого вышли современные Институт геохимии и аналитиче-

ской химии им. В.И. Вернадского РАН (ГЕОХИ, 1947 г.), Геологический институт РАН и Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (ГИН и ИГЕМ, 1956 г.).

Конец 1950-х годов ознаменовался созданием Сибирского отделения АН СССР, а впоследствии Дальневосточного и Уральского её отделений, появлением к началу 1960-х годов большого количества институтов геологического профиля практически во всех регионах нашей страны. Это свидетельствует о том, какое большое значение государство придавало развитию академической геологической науки, дополнявшей геологические исследования, которые проводили учреждения Министерства геологии СССР. Именно эти две структуры — Мингео СССР и АН СССР — совместно координировали и осуществляли геологические изыскания в стране, они же определяли развитие высшего и специального среднего геологического образования в стране.

Подготовка кадров и совместное участие в геологических исследованиях проводились прежде всего в старейших вузах страны: Московском государственном университете, Ленинградском горном институте, Ленинградском государственном университете, Томском политехническом институте и Томском государственном университете. Важную роль играли Московский геологоразведочный институт, Воронежский и Львовский госуниверситеты. Даже этот, несомненно, далеко не полный перечень свидетельствует о большом внимании государства к подготовке геологических кадров. Следует подчеркнуть, что изначально и целенаправленно были заложены два направления кадровой подготовки: академическое в университетах и производственное прикладное в институтах. Подготовка специалистов осуществлялась на основе пятилетнего курса с обязательным прохождением геологической практики после каждого курса — сначала учебной на базах вузов, а затем производственной в структурах Мингео и институтов Академии наук. Такая система обучения давала студентам обоих направлений не только общие фундаментальные знания по профессии, но и понимание нужд производственной геологии, что позволяло всем выпускникам находить место в системе геологического изучения недр.

В СССР фундаментальная геология являлась объектом исследований в академических институтах, вузах и отдельных крупных институтах Министерства геологии СССР, а прикладная была нацелена прежде всего на создание минерально-сырьевого комплекса, и её задачи решались путём организации большого числа экспедиций и региональных управлений Мингео во всех регионах страны. О масштабах этой деятельности можно

судить по численности работников отдельных региональных структур. Например, в системе Северо-Восточного геологического управления Мингео СССР работало около 15 тыс. человек. Наша российская (советская) геология была сильнейшей в мире, сбалансированно занимаясь минерально-сырьевым комплексом и региональными и фундаментальными геологическими исследованиями.

К сожалению, в современной России геологические исследования отошли на второй план, и сейчас мы теряем позиции как внутри страны (фактический провал в развитии минерально-сырьевой базы твёрдых полезных ископаемых, резкое замедление среднemasштабного регионального геологического картирования и т.п.), так и на международном уровне (отсутствие крупных геологических обобщений, отставание в области изучения глубинного строения Земли, в понимании процессов, происходящих в её недрах, в развитии новых методов исследований, в формировании и развитии новых идей и их приложении к практике геологических исследований).

### ЗНАЧЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ СТРАНЫ

Россия обладает огромной территорией, на которой представлены практически все известные на Земле геологические формации — от самых древних архейских до самых молодых кайнозойских. При этом геологическое строение территорий федеральных округов весьма разнородно и представлено всем известным спектром горных пород от архея до современности, сформированных в разнотипных геодинамических обстановках. Разнообразие геологических комплексов и геодинамических обстановок их формирования требует внимательного и детального изучения, для понимания природы этих структур и их рудообразующего значения, металлогенического и минерагенического профиля, чтобы делать качественные и количественные прогнозы минерально-сырьевой базы регионов. А это требует специального внимания государства для координации работ в данном направлении.

И здесь на первый план должна выходить геологическая отрасль, обеспечивающая получение геологических знаний о перспективности регионов или геологических структур для промышленного освоения того или иного типа минерального ресурса, способствующая принятию взвешенных решений во внутренней политике страны.

В результате широкомасштабных геологических исследований, в том числе и фундаментальных, геологоразведочных работ в период 1950—1990 гг. на территории России была создана крупнейшая в мире минерально-сырьевая база. Одна-

ко при переходе к рыночным отношениям в развитии минерально-сырьевой базы, как и в горнодобывающей промышленности, возник целый ряд проблем, вызванных объективными и субъективными факторами.

До начала 1990-х годов геологическая отрасль была одной из самых мощных в нашей стране, обеспечивая опережение темпов воспроизводства минерально-сырьевой базы по отношению к добыче в 1.3—1.5 раза по большинству полезных ископаемых. Но с начала 1990-х годов воспроизводство запасов неизменно сокращается; сегодня прирост запасов газа ниже его добычи, нефти — лишь незначительно превышает её добычу. А ведь именно ресурсы определяют политику нашего правительства на современном этапе, поскольку геологическая отрасль — базовая составляющая экономики РФ, обеспечивающая минерально-сырьевую, энергетическую и экономическую безопасность страны, реализацию её геополитических интересов, в том числе в Мировом океане, Арктике, Антарктике и на континентальном шельфе. На территории России и её континентальном шельфе выявлены практически все виды полезных ископаемых, благодаря чему страна входит в число ведущих в мире производителей сырой нефти, природного газа, углей, железных руд, никеля, меди, алюминия, титана, золота, платиноидов, алмазов и многих других полезных ископаемых. За период 2015—2019 гг. в среднем за счёт деятельности, связанной с добычей, транспортировкой и использованием полезных ископаемых, обеспечивалось порядка 64% доходов федерального бюджета. В основном это доходы от поставок минерального сырья и продуктов его переработки в зарубежные страны, доля которых в 2019 г. в стоимостном выражении составила 77% российского экспорта; основная часть, как известно, приходится на поставки энергоносителей [7].

Вклад отрасли добычи полезных ископаемых в ВВП страны (в текущих ценах) составил в 2018 г. 13.2%, в 2019 г. 12.6%, что чуть меньше вклада обрабатывающих производств (примерно 14.5%). В то же время эта отрасль остаётся самой доходной, формируя 18—19% валовой прибыли и валовых смешанных доходов страны [8]. Если же рассматривать только доходы, то картина экономической деятельности РФ становится ещё контрастнее: нефтегазовые доходы достигали в ней в эти годы 46.4 и 39.3% всех поступлений в федеральный бюджет соответственно [9, 10]. Поэтому в настоящее время вряд ли можно оспаривать тот факт, что минерально-сырьевые ресурсы — важнейший источник общественного богатства Российской Федерации, позволяющий стране выживать. На этом фоне вызывает сожаление тот факт, что в последние примерно 20 лет разведанные запасы сокращаются (табл. 1).

**Таблица 1.** Динамика разведанных запасов некоторых видов полезных ископаемых в России за последние 20 лет

Годы	Нефть	Газ	Уголь	U	Ni	Cu	Ti	Al (бокситы)	Pt
2000–2003	2 место 13%	1 место 32%	3 место 30%	7 место 5.3%	1 место 33%	3 место <10%	2 место ?	21 место 0.7%	2 место 12.5%
2020–2021	6 место 6.4%	1 место 19.9%	2 место 15–17%	7 место 5.4%	4 место 7.3%	4 место ~7%	10 место 1.6%*	9 место ~2%	2 место 5.6%
	↓	↓	↓	=	↓	↓	↓	↑	↓

Примечание: составлено по [7, 11–14].

Занимая около 11% территории земной суши, Россия тратила на поисковые геолого-разведочные работы твёрдых полезных ископаемых (ТПИ) всего около 3% мировых затрат, в основном на поиск благородных металлов, в меньшей степени — редких, цветных и чёрных металлов [15]. Прирост запасов фактически прекратился ещё лет десять назад, многие имеющиеся на нашей территории полезные ископаемые, например литий, страна закупает. В то же время экономика многих регионов России (особенно на востоке) зависит от добычи именно твёрдых полезных ископаемых.

Существенно, что доля федерального финансирования геолого-разведочных работ во всех инвестициях кардинально снизилась: с 17.7% в 2000 г. до 6.9% в 2019 г. [8], а условия для привлечения частных инвестиций в геологическое изучение недр на ранних стадиях поисков пока не созданы. За весь период действия “заявительного принципа” (введён в 2014 г. в отношении твёрдых полезных ископаемых) на поиск и оценку месторождений ТПИ было привлечено всего чуть более 9% от общего объёма расходов недропользователей на эти цели, в то время как в Канаде такие инвестиции составляют от 31.3 до 44.5% ежегодно [16].

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

**Государственный производственный сектор.** Главной функцией действующего сейчас Министерства природных ресурсов и экологии РФ в сфере геологии являются “5.2.1. государственный учёт и ведение государственного реестра работ по геологическому изучению недр, участков недр, предоставленных для добычи полезных ископаемых, а также в целях, не связанных с их добычей, и лицензий на пользование участками недр” (Постановление Правительства РФ от 11 ноября 2015 г. № 1219). Вопросы геологического изучения недр, остались в ведении Федерального агентства по недропользованию (Роснедра), которое “организует: 5.2.1. государственное геологическое изучение недр” (Утверждено Постановлением Прави-

тельства РФ от 17 июня 2004 г. № 293), “осуществляет: 5.3.2. правомочия обладателя геологической информации о недрах от имени Российской Федерации (п. 5.3.2 в редакции Постановления Правительства РФ от 29.12.2015 № 1476)... 5.4.2. ведение государственного учёта работ по геологическому изучению недр посредством ведения государственного реестра работ по геологическому изучению недр (п. 5.4.2 в редакции Постановления Правительства РФ от 23.09.2020 № 1522)”.

В настоящее время в структуре государственных геолого-производственных работ можно говорить о двух направлениях.

*Геологические научно-производственные организации Роснедр.* В соответствии со статьёй 36.1 Закона “О недрах” [17] государственное геологическое изучение недр включает региональное геологическое изучение недр, создание государственной сети опорных геолого-геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин, научно-техническое обеспечение геолого-разведочных работ, тематические и опытно-методические работы, сбор, обработку, хранение, использование и представление в пользование геологической информации о недрах. Оно осуществляется государственными (бюджетными или автономными) учреждениями, находящимися в ведении федерального органа управления государственным фондом недр или его территориального органа, на основании государственного задания. Статус подведомственных Роснедрам федеральных государственных бюджетных учреждений в настоящее время имеют восемь всероссийских отраслевых НИИ геологического профиля (не входящих в систему Минобрнауки РФ) (табл. 2).

Ещё четыре всероссийских отраслевых НИИ геологического профиля (АО “Нижне-Волжский научно-исследовательский институт геологии и геофизики” (АО НВНИИГГ), Саратов; АО “Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт” (АО ВНИГРИ), Санкт-Петербург; АО “Всероссийский научно-исследовательский геологоразведочный институт

**Таблица 2.** Федеральные государственные бюджетные учреждения геологического профиля

Учреждение	Расположение	Основной профиль
ФГБУ “Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт” (ВНИГНИ)	Москва	Нефтегазовая геология
ФГБУ “Российский федеральный геологический фонд” (Росгеолфонд)	Москва	Геологическая информация
ФГБУ “Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов” (ЦНИГРИ)	Москва	Геологические исследования месторождений благородных и цветных металлов, алмазов
ФГБУ “Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана им. академика И.С. Грамберга” (ВНИИОкеангеология)	Санкт-Петербург	Геологические исследования шельфа и дна океанов
ФГБУ “Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского” (ВИМС)	Москва	Геологические исследования чёрных, редких и редкоземельных, радиоактивных элементов
ФГБУ “Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского” (ВСЕГЕИ)	Санкт-Петербург	Региональные геолого-геофизические и геологосъёмочные работы; государственное геологическое картографирование; создание государственной сети опорных геолого-геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин
ФГБУ “Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов” (ИМГРЭ)	Москва	Геохимическое обеспечение региональных геолого-геофизических и геологосъёмочных работ
ФГБУ “Гидроспецгеология”	Москва	Получение достоверной геологической и геоэкологической информации и мониторинг

угольных месторождений” (АО ВНИГРИуголь), Ростов-на-Дону; АО “Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья” (АО СНИИГГиМС), Новосибирск) в настоящее время входят в структуру геологоразведочного холдинга “Росгеология”. Некоторые геологические НИИ были сформированы в начале прошлого века. Так, ВИМС был создан в 1904 г. как первое в России частное научное учреждение для изучения и оценки минеральных ресурсов страны. ВСЕГЕИ ведёт свою историю с 1931 г., ВНИГНИ — с 1939 г. Большинство сегодняшних ФГБУ и АО в прошлом являлись отраслевыми институтами Министерства геологии СССР. В период перестройки практически все они имели организационно-правовую форму ФГУП — Федеральное государственное унитарное предприятие. Институты с организационно-правовой формой ФГБУ в большинстве своём были зарегистрированы в 2016 г. Основным видом деятельности ФГБУ по Общероссийскому классификатору видов экономической деятель-

ности (ОКВЭД): 71.12.3 — работы геологоразведочные, геофизические и геохимические в области изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы; исключение составляет “Росгеолфонд”: 63.11.1 — деятельность по созданию и использованию баз данных и информационных ресурсов. Из вышеприведённого списка только АО СНИИГГиМС (организовано в 1953 г.) находится за Уралом.

Следует отметить, что сейчас упомянутые институты занимают каждый свою нишу, в меру своей компетенции осуществляют систематическое геологическое изучение недр в соответствии с Государственной программой “Воспроизводство и использование недр”. В структуре Мингео СССР были и другие институты, но в настоящее время они прекратили своё существование разными путями. В этом отношении показателен пример Иркутской области, обладающей мощной минерально-сырьевой базой и характеризующейся высоким уровнем промышленного и научного потенциала. Зарегистрированный в 1992 г.

как ФГУП крупный научный институт “Восточно-Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья” (ВостСибНИИГГИМС) был ликвидирован в 2006 г. путём присоединения к ФГУНПГ “Иркутскгеофизика” (в настоящее время АО “Иркутскгеофизика”). Сегодня от этого института осталось лишь небольшое подразделение.

АО “Росгеология”. Преобразование ряда геологических институтов в акционерные общества связано с созданием и деятельностью АО “Росгеология” — российского государственного холдинга, объединяющего государственные геолого-разведочные предприятия, со штаб-квартирой в Москве. В 2010 г. правительством Российской Федерации была рассмотрена и утверждена “Стратегия развития геологической отрасли в России до 2030 года”, где создание “Росгеологии” (2011) было обозначено как один из этапов реформирования геологической отрасли России. В 2013–2017 гг. “Росгеология” завершила процесс консолидации предприятий отрасли и поглотила практически все региональные производственные, научно-производственные и научные организации в сфере геологии и геофизики, превратив их в акционерные общества. Из выбранного списка все АО зарегистрировали основной вид деятельности: 72.19 — научные исследования и разработки в области естественных и технических наук, прочие. Управляющая организация — АО “Росгеология”. Единственным учредителем является Федеральное агентство по управлению государственным имуществом.

Поскольку именно с организацией этой госкорпорации было связано собственно геологическое изучение недр и прирост полезных ископаемых, уделим некоторое внимание её деятельности на современном этапе. “Росгеология” является основным исполнителем государственного заказа по воспроизводству минерально-сырьевой базы Российской Федерации, а с 2015 г. — единственным исполнителем закупаемых для государства геолого-поисковых и оценочных работ. 100% капитала акционерного общества находится в собственности государства. Однако доля работ, выполняемых АО “Росгеология” в рамках госзаказа собственными силами, не превышает 10% (в 2019 г. — 8.2%, в 2018 г. — 7%). Остальные заказы выполняются дочерними и сторонними коммерческими организациями на основании договоров субподряда, в сметную стоимость которых включаются расходы (в размере до 10%) по услугам “Росгеологии” как генерального подрядчика, стоимость которых в период с 1 июля 2016 г. по 1 октября 2019 г. достигала 1788.3 млн руб. [16]. Таким образом, “Росгеология” выполняет дорогостоящие посреднические функции и при этом фактически не отвечает ни за сроки, ни за результаты проводимых работ, выполняемых подряд-

ными организациями. Госзаказ ежегодно размещается с сильным запозданием, что не позволяет своевременно приступить к выполнению работ. Так, на первое января 2021 г. “Росгеология” не выполнила работы по 45 контрактам на сумму 4.1 млрд руб., в том числе по 37 контрактам, заключённым в 2016–2019 гг. [18], и доля неисполненных контрактов не сокращается.

Крупномасштабное картирование, которое было основой для прогнозирования полезных ископаемых, в 1990-х годах в связи с дефицитом бюджетных средств полностью прекращено. Прямым следствием невыполнения регионального этапа геолого-разведочных работ явилось резкое снижение выявленных площадей, перспективных для поиска месторождений полезных ископаемых. Если начиная с 1958 г. ежегодный прирост перспективных площадей составлял 300 единиц, с 1970 г. — в среднем 400 единиц, то уже с 2003 г. по настоящее время из-за резкого спада объёмов геологической съёмки масштаба 1:200000, количество выявляемых перспективных площадей снизилось до 40 в год (в 10 раз меньше!), причём в пределах перспективных площадей оцениваются прогнозные ресурсы только самых низких категорий. При имеющемся в настоящее время фонде паспортизированных перспективных площадей около 1000 единиц потребность в них с оценёнными прогнозными ресурсами полезных ископаемых категории  $P_3$ <sup>1</sup> в целях лицензирования составляет порядка 300 площадей в год, то есть через 4–5 лет наступит полное исчерпание фонда перспективных площадей, так называемого поискового задела.

Отметим, что, по данным Счётной палаты РФ [16], в течение 2015–2019 гг. среднемасштабная геологическая изученность территории страны увеличилась всего на 2.3%. В настоящее время широко декларируется, в том числе в законе “О недрах”, что региональное геологическое изучение недр является прерогативой государства и одним из его главных приоритетов. На деле если в СССР на региональное геологическое изучение недр тратили 10% средств от общего финансирования воспроизводства минерально-сырьевой базы страны, то сегодня в общем объёме этих средств на региональные геологические работы государство расходует меньше 1%.

В первой половине прошлого века подобная недооценка регионального геологического изучения недр уже привела к серьёзному системному кризису в воспроизводстве минерально-сырьевой базы. Выходу из этого кризиса способствова-

<sup>1</sup> Прогнозные ресурсы категории  $P_3$  являются резервом площадей для организации крупно- и среднемасштабных геологических съёмок, поисково-оценочных работ и служат основой для долгосрочного планирования на 20–25 лет.

ло специальное Постановление Совета Министров СССР 1954 г. “Об усилении роли региональных геолого-съёмочных работ”.

**Частный сектор.** Весьма неопределённая ситуация сложилась в области участия в геологических исследованиях частного бизнеса. Крупные компании, такие как “Роснефть”, “Газпром”, “АЛРОСА”, “Полюс”, “Норникель”, “Полиметалл” и другие, работающие на мировом уровне, имеют свои исследовательские структуры, которые следуют тематике, определённой задачами бизнеса. Информация о результатах этой работы чаще всего остаётся закрытой, как собственность этих компаний. Никакой координации с государственными организациями тут, естественно, нет.

Помимо крупного бизнеса, действует ряд структур среднего уровня и много мелких частных компаний, которые зачастую не торопятся вкладывать деньги в геологические исследования, поскольку полностью ориентированы на добычу того или иного полезного ископаемого. Правда, в некоторых регионах, например в Республике Саха (Якутия), ситуация лучше, здесь бизнес чаще привлекает науку для оценки перспектив территории, с одной стороны, и конкретных площадей — с другой.

**Государственный сектор фундаментальных наук.** В России в послевоенное время и вплоть до 1990-х годов фундаментальные исследования оставались прерогативой институтов Академии наук СССР и её региональных отделений, которые были образованы в конце 1950-х — в 1960-е годы. Тогда же создавались академические институты в Новосибирске (Институт геологии и геофизики), Иркутске (Институт геохимии и Институт земной коры), Якутске (Институт геологии), которые проводили исследования в разных регионах страны с целью познания закономерностей развития оболочек Земли, её эволюции, закономерностей формирования и размещения полезных ископаемых.

К концу XX столетия советская фундаментальная геология была одной из передовых в мире. Территория страны была изучена в полном объёме на уровне картирования 1 : 1 000 000, рудные районы оказались закартированы в масштабе 1 : 200 000, были разработаны и изданы тектонические и металлогенические карты, систематизирующие накопленный геологический материал, проводились регулярные исследования морского шельфа. Активно внедрялись новые геологические идеи, одним из примеров реализации которых стала монография “Тектоника литосферных плит территории СССР” [19], обобщившая гигантский геологический материал в соответствии с представлениями бурно развивавшейся в то время тектоники литосферных плит.

Но в 1991 г. в связи с распадом СССР ситуация резко изменилась, было ликвидировано Министерство геологии СССР и создано Министерство экологии и природных ресурсов РСФСР, которому были переданы имущество, предприятия и организации Мингео СССР. Кардинальные изменения государственного устройства страны привели к тому, что многие направления хозяйственной деятельности, которые ранее контролировались государством, были переданы частным компаниям. Положение Академии наук до 2013 г. оставалось неизменным, она являлась учредителем академических геологических организаций и определяла направления фундаментальных исследований посредством распределения бюджетного финансирования. Конечно, такое финансирование резко уменьшилось, но академические институты имели право заключать договоры о совместных научных исследованиях с научными организациями других стран, и это благодаря крупным проектам помогло выжить академической геологической науке в Сибири и на Дальнем Востоке. Например, в 1990-е годы Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН проводил исследование по международному проекту “Байкал-бурение” (Россия, США, Япония). Одновременно осуществлялся крупный международный проект (Россия, США, Канада, Япония) по изучению тектоники и минеральных месторождений северного обрамления Тихого океана с участием институтов Дальневосточного (Магадан, Владивосток, Хабаровск) и Сибирского (Якутск, Новосибирск, Иркутск) отделений РАН. Здесь следует упомянуть международную программу изучения озера Эльгыгиткин (Чукотка) с участием учёных из России (ДВО РАН — Магадан, Владивосток), Германии и США, в результате которого была расшифрована климатическая летопись этого региона за последние 3.5 млн лет. Такие проекты способствовали сохранению академической геологической науки, и она подверглась меньшему разрушению, чем отраслевая, сохранила более рациональную пространственную структуру.

Но, как известно, в 2013 г. академические институты были изъяты из-под непосредственного управления РАН. В настоящее время, несмотря на устойчивую тенденцию к объединению различных региональных институтов в федеральные исследовательские центры, многие институты сохранили юридическое лицо и активно работают в своих регионах и в других субъектах Федерации. Хорошим примером является Иркутск, где действуют два крупных академических института — Институт земной коры СО РАН и Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН. Помимо европейской части России (Москва, Санкт-Петербург и другие города), геологические институты РАН разного профиля действуют в Екатеринбурге, Миассе, Новосибирске, Томске, Улан-



Удэ, Чите, Якутске, Магадане, Хабаровске, Благовещенске, Владивостоке, Петропавловске-Камчатском и других городах. Они занимаются фундаментальными и (вынужденно) прикладными проблемами геологии, но полностью заменить отраслевую науку не могут, особенно в ситуации недостаточного финансирования полевых работ и аналитической базы. Более того, утверждённая Министерством науки и высшего образования РФ система оценки труда учёных сильно формализована и фактически, через требование публиковаться в журналах высоких квартилей (в России таких журналов нет), вынуждает наших исследователей обнародовать результаты, полученные за деньги госбюджета, в зарубежных изданиях. В условиях тотальных санкций такая политика представляется недальновидной, и Правительство РФ уже предпринимает меры, чтобы её преодолеть.

### ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Состояние приборной базы.** К настоящему времени в стране сохранились лишь единичные современные аналитические центры в ведущих институтах бывшей системы РАН (ИГЕМ, ГЕОХИ, ИГМ, ИГХ, ИЗК, ДВГИ, ИТиГ и др.) и несколько центров в институтах Минприроды (ВСЕГЕИ, ЦНИГРИ, ВИМС), причём аппаратура в них устаревает. Из новых аналитических инструментов следует отметить разработку во ВСЕГЕИ компьютерной системы занесения данных геологических наблюдений непосредственно в поле, с созданием привязанной к карте базы данных. Если сравнивать обеспеченность приборами и оборудованием геологических организаций России с ситуацией в геологических организациях Китая, то становится больно за нашу Родину. Отсюда следует невозможность догнать наших китайских коллег по публикациям в журналах WoS ведущих квартилей, не говоря уже об американских, австралийских, европейских и других исследованиях.

Мероприятия по обновлению научной инфраструктуры требуют серьёзных организационных мер и финансовых вложений, без которых не удастся провести модернизацию материально-технической базы и исследования по прорывным направлениям фундаментальной и прикладной геолого-геофизической науки. Требуется создать передовую приборостроительную базу, в отсутствие которой будущее российской науки оказывается под вопросом.

**Подготовка кадров.** К сожалению, с подготовкой кадров для проведения полномасштабных фундаментальных и прикладных геолого-геофизических исследований в России дела обстоят, мягко говоря, неблестяще. Например, по данным

[21], среди 150 лучших университетов мира по специальностям геология и геофизика в 2021 г. нет ни одного российского вуза, в то время как в их число входят восемь китайских университетов! А ведь становление китайской геолого-геофизической науки проходило под руководством и при непосредственном участии советских геологов в 1950–1960-е годы.

Сложившееся положение, особенно после реформы высшего образования, привело к неудовлетворительной ситуации с подготовкой кадров для отрасли. Произошло разрушение устоявшейся системы специалитета с переходом на двухуровневое образование: бакалавриат и магистратура. Старая, хорошо отлаженная, система была разрушена, а новая приживается медленно. Это сказывается на качестве специалистов, которые получают недостаточно геологических знаний во время обучения. Ситуацию отчасти спасает помощь академических институтов, ярким примером которой служит сотрудничество Новосибирского государственного университета и Сибирского отделения РАН, когда студенты имеют возможность полного погружения в геологию, а после окончания университета — получить работу по специальности. К сожалению, во многих вузах геологической направленности такой возможности нет, а в некоторых даже отсутствует магистратура. Престиж геологических профессий резко упал по сравнению с серединой прошлого века. Это привело к тому, что в ряде региональных вузов незаполненными остаются бюджетные вакансии по геологическим специальностям.

Таким образом, в стране сложилась непростая ситуация: горно-геологическая отрасль имеет слабую приборную базу, в ней не обеспечивается в должной мере воспроизводство квалифицированных кадров, в то время как прежнее поколение учёных и специалистов уходит.

### ОРГАНИЗАЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ДРУГИХ СТРАНАХ

История геологических исследований в мире в последние 200 лет свидетельствует о большом внимании к ним со стороны государства, особенно в таких странах, как США, Канада, Австралия, Франция и других, где действуют государственные геологические службы на общенациональном и региональном уровне. Так, Геологическая служба США (USGS), созданная постановлением Конгресса в 1879 г., развивается на протяжении более 140 лет в соответствии с прогрессом науки и технологий. Это единственное научное агентство Министерства внутренних дел США [22]. Здесь уместно упомянуть отчёт 1931 г. молодого специалиста В.М. Крейтера (впоследствии крупного учёного-геолога), который после окончания Ле-

нинградского горного института был направлен в годичную командировку в США и Мексику для изучения опыта поиска и разведки металлических руд. Прежде всего он обратил внимание именно на государственную геологическую службу как ведущий институт развития геологоразведки [23]. Что касается Канады, то её Геологическая служба (GSC) является неотъемлемой частью сектора земель и полезных ископаемых Министерства природных ресурсов Канады (NRCan). Это национальное ведомство предоставляет результаты серьёзных геолого-геофизических исследований, полученные знания и продукты для принятия решений об использовании земель и ресурсов страны [24]. В Австралии действует агентство “Геонаука Австралии” (Geoscience Australia) — государственная геологическая организация, задача которой — быть надёжным источником информации о геологии и географии Австралии для правительства, промышленности и сообщества, принимающего решения [25].

Таким образом, в указанных крупных странах, располагающих большими ресурсами, государство участвует в геологическом изучении территорий благодаря деятельности государственной геологической службы. Функции этой службы не управленческие, а прежде всего изыскательские — геологическое обеспечение нужд государства и общества, постановка задач и финансирование геологических работ. Помимо общенациональной службы, это небольшие (десятки человек, реже сотни) региональные службы, действующие на геологически сложных территориях. Они занимаются локальным и региональным картированием, изучением месторождений, оценкой перспектив, геоэкологией, осуществляют контроль работы частных поисковых, разведочных и добывающих фирм. Например, в Западной Австралии каждая компания, проводя разведку, обязана сдать керн скважин в депозитарий геологической службы, где он хранится многие годы и в том количестве, которое нужно для сохранения первичной информации, в том числе для фундаментальных научных исследований.

#### ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ СИТУАЦИИ С ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ИССЛЕДОВАНИЯМИ В РОССИИ

Земля — это наш дом, и заниматься её геологическим изучением — наша обязанность. Однако в современной ситуации в России картина складывается весьма печальная. Мы вышли в космос, изучаем закономерности строения макро- и микромира, но явно не в полной мере осведомлены о том, как устроена и как эволюционировала наша планета. Более того, мы плохо представляем строение отдельных территорий нашей страны, далеко не везде покрытой геологической съёмкой

1 : 200000 нового поколения. Проблемы геологической изученности территорий усугубляются технологическим отставанием в развитии отечественной приборостроительной базы, без которой в настоящее время невозможно проводить геологические исследования. Это относится к изотопной геологии, дистанционным и геофизическим исследованиям, цифровым технологиям сбора, обобщения и анализа геолого-геофизической информации с построением многофункциональных, в том числе глобальных, информационных систем.

Геологическая отрасль обладает высокой наукоёмкостью и технологичностью, но задачи её развития не нашли отражения в национальных проектах. В национальном проекте “Наука” рассматриваются новые формы организации науки в рамках научно-образовательных и научных центров мирового уровня, центров компетенций Национальной технологической инициативы. В качестве перспективных рассматриваются математические центры и центры геномных исследований. Про геологическую науку упоминаний нет. Проект “Цифровая экономика” — один из национальных проектов России на период 2019–2024 гг., также не учитывает необходимость преобразования всех бумажных геологических данных и карт, находящихся в фондохранилищах Росгеолфонда, в компьютерные базы данных.

Хроническое недофинансирование отрасли в части проведения геологических исследований привело к падению престижа геологических специальностей и как следствие к сокращению притока молодёжи в отрасль [26]. Понимая, что, учитывая нынешние реалии, возродить министерство геологии сейчас вряд ли возможно, мы предлагаем пойти по пути Австралии, Канады и США, воссоздав при Правительстве РФ профессиональную федеральную геологическую службу (с региональными отделениями) в ранге федерального агентства. Нельзя не согласиться с мнением, что “общегеологическое изучение территории страны должно осуществляться национальной геологической службой путём целевого бюджетного финансирования” [26, с. 66]. Но функции этой службы, подчеркнём, должны быть не управленческие, в первую очередь в её функции следует включить геологическое изучение территории страны для нужд государства и общества. Это требует привлечения для работы в данной структуре геологов-профессионалов, создания федеральных исследовательских центров с мощной аналитической базой. Государство должно ставить задачи и финансировать геологические работы через агентство с пониманием их специфики.

По нашему мнению, стране необходима профессиональная федеральная геологическая служ-

ба с региональными отделениями в федеральных округах или в отдельных ресурсных регионах (например, Республике Саха (Якутия), Магаданской, Иркутской и Амурской областях, Красноярском крае и т.д.). Её главной функцией должна стать координация работ по изучению геологической ситуации и геологической истории с целью расширения знаний о геологическом строении территорий и их минерально-ресурсной базе в целях принятия государственных решений в этой области и осуществления геологического контроля деятельности частных компаний. Функционал службы можно уточнить — расширить или сузить, но геологическое изучение страны — принципиально необходимый элемент сферы её ответственности.

И с этим нельзя затягивать: пока ещё есть кадры, располагающие опытом и знаниями, способные передать их новому поколению, следует поторопиться. Иначе придётся всё начинать с нуля, приглашая австралийских, канадских или американских специалистов, как это уже делают некоторые наши частные рудные компании. Кадровая проблема медленно, но уверенно начинает проявлять себя в связи с исчезновением специалистов в геологической образовательной среде. Важную роль здесь должны сыграть Российская академия наук, научные и образовательные организации Министерства науки и высшего образования РФ, не только потому, что в их среде сохранилось большое число высококвалифицированных специалистов (правда, они почти не востребованы частным сектором), но и потому, что у этих специалистов есть возможность передавать свои знания молодому поколению.

Решение кадровых вопросов предполагает организацию подготовки профессионалов в области геологии и геофизики в ведущих вузах и академических институтах. Подчеркнём, что такая подготовка, ориентированная на воссоздание научных школ, должна вестись прежде всего в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах, где сосредоточен минерально-сырьевой потенциал страны. “Вахтовый” метод привлечения специалистов для решения отдельных задач здесь неприемлем, так как процесс создания научных школ и производственных коллективов требует многих лет. Технология “научных десантов”, которая широко применялась при организации сибирской и дальневосточной академической науки, в настоящее время, к сожалению, вряд ли применима, поскольку требует серьёзного финансирования, хотя её эффективность доказана жизнью. Тут требуется решимость руководства страны.

Создание при Правительстве РФ федеральной геологической службы с региональными отделениями должно в первую очередь обеспечить гео-

логические работы по разномасштабному геологическому картированию, нацеленному на выявление перспективных площадей и объектов и выставляемому для дальнейших поисковых и разведочных работ, что крайне важно в условиях объявленной западными странами экономической блокады России. Решение фундаментальных геологических проблем должно осуществляться РАН совместно с исследовательскими коллективами академических институтов и вузов.

Таким образом, необходимость организации профессиональной федеральной и региональной геологических служб очевидна и архиважна, если мы ставим перед собой цель рационального освоения природных ресурсов и развития минерально-сырьевой базы страны. Без государственного участия в развитии геологической отрасли невозможно решить насущные задачи социально-экономического развития. Государству следует обратить внимание на отсутствие внятной политики относительно геологических исследований в стране. Важно, чтобы российская геологическая отрасль (в том числе и наука) была застрахована от внешних рисков и располагала собственной высококласной приборной базой. Не менее важно перестроить систему подготовки геологических кадров и воспитать достойное новое поколение учёных и геологов-практиков.

Мы вполне осознаём сложность поднятых в этой статье вопросов и надеемся на широкую профессиональную дискуссию по существу сложившейся в российской геологической науке ситуации и по путям выхода из кризиса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Клеопов И.Л.* Геологический комитет, 1882–1929 гг. История геологии в России. М.: Наука, 1964.
2. *Хабаров А.В.* Деятельность Геологического комитета в России // Труды института естествознания и техники АН СССР. Т. 27. М.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 140–145.
3. <https://www.rosnedra.gov.ru/article/74.html> (дата обращения 20.12.2021).
4. *Козловский Е.А.* Системный кризис исследований недр и обеспечения минерально-сырьевой безопасности страны // Промышленные ведомости. 2016. № 1–2. <https://www.promved.ru/articles/article.phtml?id=2924&nomer=98>
5. Экспедиции Академии наук СССР 1934 год. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1935.
6. Экспедиции Академии наук СССР 1935 года. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1937.
7. Государственный доклад “О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2019 году”. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. М., 2020.
8. Российский статистический ежегодник, 2020: Стат. сб. М.: Росстат, 2020.

9. <https://www.rbc.ru/economics/22/08/2019/5d555e4b9a7947aed7a185de> (дата обращения 12.02.2022).
10. [https://lprime.ru/state\\_regulation/20190919/830338839.html](https://lprime.ru/state_regulation/20190919/830338839.html) (дата обращения 21.12.2021).
11. Государственный доклад “О состоянии минерально-сырьевой базы Российской Федерации” (на 1.01.2000). Министерство природных ресурсов Российской Федерации. Министерство экономического развития и торговли Российской Федерации. Министерство энергетики Российской Федерации. М., 2000.
12. Государственный доклад “О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2002 году”. Министерство природных ресурсов Российской Федерации. М., 2003.
13. Государственный доклад “О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2020 году”. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. М., 2021.
14. BP. Statistical Review of World Energy 2021. 70th edition. London: Whitehouse Associates, 2021.
15. Козловский Е.А. Минерально-сырьевые ресурсы в экономике мира и России. Статья 1. Минерально-сырьевой комплекс мира и России // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2015. № 1. С. 53–59.
16. Бюллетень Счётной палаты РФ ([www.ach.gov.ru](http://www.ach.gov.ru)). Отчёт о результатах экспертно-аналитического мероприятия “Анализ воспроизводства минерально-сырьевой базы Российской Федерации в 2015–2019 годах” (утверждён Коллегией Счётной палаты Российской Федерации 26 февраля 2020 г.) // Недропользование. 2020. № 5(270). С. 6–56 (дата обращения 1.09.2021).
17. Закон Российской Федерации “О недрах” от 21.02.1992 № 2395-1.
18. Отчёт о результатах контрольного мероприятия “Оценка эффективности управления государственным фондом недр в 2018–2019 годах и истекшем периоде 2020 года в целях устойчивого обеспечения базовых отраслей экономики страны видами минерального сырья, ресурсы которых недостаточны и обеспечиваются в том числе за счёт импорта” (утверждён Коллегией Счётной палаты Российской Федерации 26 февраля 2021 года). [www.ach.gov.ru](http://www.ach.gov.ru) (дата обращения 1 сентября 2021).
19. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натанов Л.Н. Тектоника литосферных плит территории СССР. В 2-х томах. Т. 1. М.: Недра, 1990.
20. Луцкина Е.В. Состояние материально-технической базы научных организаций России // Norwegian Journal of development of the International Science. 2020. № 41. С. 49–57. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_42750498\\_96588418.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42750498_96588418.pdf)
21. <https://www.topuniversities.com/subject-rankings/2021> (дата обращения 20.01.2022).
22. <https://www.usgs.gov/about/organization/science-support/survey-manual> (дата обращения 18.12.2021).
23. Крейтер В.М. Геолого-разведочные работы на месторождениях цветных металлов в Северной Америке. Отчёт о заграничной командировке. М.–Л.: Геологическое изд-во Всесоюзного геолого-разведочного объединения, 1931.
24. <https://www.nrcan.gc.ca/science-and-data/research-centres-and-labs/geological-survey-canada/17100> (дата обращения 20.12.2021).
25. <https://www.ga.gov.au/about/corporate-documents> (дата обращения 18.12.2021).
26. Кузьмин М.И., Кузнецова А.Н. О роли государства в развитии геологической отрасли // ЭКО. 2017. № 6. С. 64–82.

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АФРИКАНСКОЙ СТРАТЕГИИ РОССИИ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА СУЩЕСТВУЮЩЕГО МИРОПОРЯДКА

© 2022 г. И. О. Абрамова<sup>a,\*</sup>, Л. Л. Фитуни<sup>a,\*\*</sup>

<sup>a</sup>Институт Африки Российской академии наук, Москва, Россия

\*E-mail: irina.abramova@inafr.ru

\*\*Email: africa.institute@yandex.ru

Поступила в редакцию 24.05.2022 г.

После доработки 30.05.2022 г.

Принята к публикации 29.06.2022 г.

Статья, основные положения которой были изложены в докладах авторов на заседании Президиума РАН 9 февраля 2022 г., посвящена новой конфигурации мирового порядка и месту России и Африки в меняющемся мире. Авторы придерживаются мнения, что России, которая в течение последних 30 лет безуспешно стремилась стать частью Запада, пора расстаться с иллюзиями и пересмотреть свою внешнеэкономическую и внешнеполитическую стратегию, переориентировавшись на страны, которые превращаются из аутсайдеров в значимых игроков на международном политическом и экономическом пространстве и готовы взаимодействовать с нашим государством на взаимовыгодной и равноправной основе. К таким государствам, безусловно, относятся африканские страны. В статье проанализированы стратегии старых и новых игроков на Африканском континенте, а также определены актуальные направления российско-африканского сотрудничества на краткосрочную, среднесрочную и долгосрочную перспективу. Авторы раскрывают основные механизмы и инструменты, необходимые для активизации нашего взаимодействия, включая информационные и финансово-экономические рычаги.

По мнению авторов, ключевым направлением наших отношений, которое станет привлекательным для африканских стран и будет способствовать успешному экономическому развитию Российской Федерации, может стать отработка двусторонних возможностей технологического партнёрства.

**Ключевые слова:** новый миропорядок, Россия, Африка, ресурсный потенциал, российско-африканские отношения, основные механизмы сотрудничества, технологическое партнёрство.

DOI: 10.31857/S086958732209002X

Современный миропорядок переживает этап глубочайшего политического, экономического,



АБРАМОВА Ирина Олеговна — член-корреспондент РАН, директор ИАфр РАН. ФИТУНИ Леонид Леонидович — член-корреспондент РАН, заместитель директора ИАфр РАН.

гуманитарного и пока ещё не глобального, но весьма опасного локального военного кризиса. Российская специальная военная операция на Украине резко ускорила процесс распада однополярного мира во главе с США. Контуры нового формирующегося миропорядка хотя уже и прописываются, но не вполне определённы. *Многополярность* как возможная модель нового вызревающего мироустройства настоятельно нуждается в системе двусторонних и многосторонних геостратегических сдержек и противовесов, исключающих или минимизирующих опасность глобального вооружённого столкновения. В то же время она, как видится, — наиболее приемлемый вариант переустройства мира для абсолютного большинства стран и народов, поскольку открывает возможности для установления более справедливого миропорядка, учитывающего интере-

сы максимально широкого круга членов мирового сообщества.

На этом фоне происходит переоценка сравнительной значимости и роли регионов мира как зон столкновения интересов участников обновлённого соперничества. Очевидно, что России, которая в течение последних 30 лет безуспешно стремилась стать частью западного мира, пора расстаться с иллюзиями и пересмотреть свою внешнеэкономическую и внешнеполитическую стратегию, переориентировавшись на страны, которые из аутсайдеров превращаются в значимых игроков на международном политическом и экономическом пространстве и готовы взаимодействовать с нашим государством на взаимовыгодной и равноправной основе.

Сегодня, как известно, происходит постепенное смещение глобального центра экономической силы с Запада на Восток или, в зависимости от системы координат, с так называемого Севера на Юг. В контексте долгосрочных глобальных тенденций перед условным Западом, возможно, впервые за последние 500 (и уж абсолютно точно 300) лет замаячила перспектива постепенного превращения в относительную периферию. Это значит, что даже в существующей рыночной модели уже не за горами то время, когда основная часть глобального производства и основная часть глобального потребления сместится из северной Евро-Атлантики на юг и восток, в Азию, Африку и Латинскую Америку. В рыночной модели это значит, что производитель будет подстраиваться не под вкусы и потребности условного европейца (включая в них и американцев, канадцев и австралийцев), а под азиатов и африканцев, в том числе и потому, что в настоящее время большинство представителей среднего класса, который предъявляет основной спрос на товары и услуги, проживает в азиатском регионе, а примерно с 2040 г., по расчётам ООН, прирост среднего класса будет происходить не за счёт Азии, а за счёт Африки [1], в то время как обеднение среднего класса Европы и США началось уже сейчас.

Конечно, речь не идёт об одномоментном или мгновенном (в историческом понимании) изменении. Но это реальные глубинные трансформации, которые уже происходят в том, что, применяя марксистскую терминологию к современному глобализированному миру, можно было бы назвать *глобальным базисом*. Эти трансформации неизбежно повлекут за собой и перемены в *глобальной надстройке*, то есть в том западнцентричном миропорядке, который господствует сейчас. Это перемены и в политике, и в культуре, и в мировоззрении, и в системе ценностей, что проявляется в неприятии однополярного мира и навязываемых им методов колониального господства и подчинения.

В реальной жизни это медленный и сложный процесс, протекающий на разных своих этапах с разной скоростью, нередко зигзагами. Сегодня никто уже не сомневается, что современный Восток и Юг (а это не только Китай или Индия, но и множество других стран, в том числе африканских и латиноамериканских) являются производителем основной части ресурсов и товаров, в особенности *базисных*, то есть тех, без которых масштабное реальное производство ни в одной части мира, в том числе в развитых странах, невозможно. Более того, реальный (а не виртуальный) процесс расширенного воспроизводства без этих ресурсов и товаров также крайне затруднён.

Однако экономическая роль Запада, особенно на передовых направлениях, ещё далеко не исчерпана. Но не она определяет сегодня модель его поведения: смысл его усилий, в том числе экономических, — воспрепятствование утрате своего влияния и контроля над потоками мирового богатства. Запад пытается сохранить свои позиции и привычный образ жизни, используя надстроечные элементы, а именно те рычаги влияния, которые остались у него в руках, — военные, финансовые, административно-управленческие, информационные, культурные и ценностные.

Для Евро-Атлантического блока Африка предстаёт прежде всего с точки зрения прогнозируемых перспектив глобального экономического развития, ресурсной и военно-геополитической составляющих. Все три аспекта рассматриваются через призму соперничества с главными конкурентами — Китаем и Россией. Одновременно Запад внимательно следит за возрастающей активностью и влиянием в этом регионе соперников второго эшелона — Индии, Бразилии, Турции, Ирана, арабских государств Персидского залива, Южной Кореи и других, часть которых он пытается контролировать, превратив по крайней мере в ситуативных союзников, но стратегически сохранив в качестве эксплуатируемой периферии.

В этих условиях главная задача политики коллективного Запада в Африке — сохранить и упрочить своё экономическое, политическое и военное влияние, используя традиционные и новейшие методы *пост-неоколониализма*<sup>1</sup>, а также избежать вызовов и угроз, связанных с Африканским континентом.

При этом стратегия западных держав в Африке имеет свои особенности. Основой стратегии США на Африканском континенте, озвученной в 2018 г. администрацией Д. Трампа и почти не изменившейся при Дж. Байдене, стало противостояние Китаю и России и их вытеснение (в случае с Китаем) и недопущение (в случае с Россией) в

<sup>1</sup> Подробнее о теоретическом содержании авторской теории пост-неоколониализма см. [2].

африканский регион. Великобритания в связи с брекзитом и реализацией концепции Глобальной Британии серьёзно озаботилась выработкой стратегий освоения альтернативных ЕС рынков и компенсации выпадающей части доходов бюджета и частного бизнеса за счёт активизации африканского вектора своей политики. Покачнувшийся авторитет Франции в африканских государствах, в первую очередь в деле обеспечения их безопасности и борьбы с терроризмом, побуждает французские власти адаптироваться к новым условиям, стремясь к максимальной экономии при эксплуатации ресурсов Африки и активно используя такие инструменты воздействия, как пусть и существенно ослабленное, но всё ещё системно значимое доминирование в обеих зонах африканского франка и культурно-языковое влияние на образование, науку и воспитание молодёжи в рамках проекта “Франкофония”.

В африканской стратегии Германии основная роль отводится частному сектору, особенно среднему бизнесу, который генерирует для себя на континенте устойчиво высокую прибыль и который должен будет обеспечить основную часть инвестиций и создать рабочие места для местного населения (в отличие от Китая, который активно завозил в Африку собственную рабочую силу). При этом немецкое государство стремится способствовать созданию благоприятной производственной среды для своих предпринимателей через вложения в африканское образование, здравоохранение и инфраструктуру.

Современная внешняя политика Италии на Африканском континенте ориентирована прежде всего на Северную Африку. Только с 2013 г. итальянское правительство стало уделять больше внимания Африке южнее Сахары. Роль Италии в Африке снизилась по сравнению с 1980-ми годами в таких сферах, как внешняя торговля, помощь развитию, участие в миротворческой деятельности. Вместе с тем в последние годы несколько возросло значение Африки как рынка сбыта итальянского оружия, а также увеличилось присутствие на континенте итальянских неправительственных организаций по оказанию гуманитарной помощи. В ряде стран, в том числе и Тропической Африки, у итальянских фирм сохраняются прочные позиции в области разведки и разработки углеводородных ресурсов континента.

Что касается новых западных игроков, то они строят своё сотрудничество на иных принципах, далёких от модели “господство—подчинение”.

Индия развивает взаимодействие с Африкой по линии “Юг—Юг”, то есть укрепляет экономические и иные связи с африканскими государствами на взаимовыгодных условиях, что в корне

отличается от сложившегося в колониальную эпоху формата “Север—Юг”. В целом можно отметить высокую степень географической (в основном восточное побережье и юг Африки) и историко-культурной (англоязычные страны, бывшие британские владения) концентрации активности индийского бизнеса.

Турция в политическом плане делает акцент на совместную защиту национальной идентичности как турков, так и африканцев, которая находится под угрозой ввиду продвигаемых Западом идей глобализации и навязывания чуждых Востоку и Африке ценностей. В экономической сфере Турция активно расширяет свой экспорт в Африку, реализует множество проектов малого и среднего бизнеса и высокими темпами развивает авиасообщение с континентом. Сегодня Турция превратилась в главный хаб по перемещению пассажиров из Африки в страны Европы и США. Турция также интенсифицирует военно-техническое сотрудничество со странами континента, прежде всего средиземноморскими, и странами крупного региона Африканского Рога. Кроме того, в последние годы наметился активный, хотя ещё и точечный поиск возможностей использования религиозного фактора в мусульманских странах Африки, к которым прежде Турция интереса не проявляла.

Бразилия, как и Индия, налаживает сотрудничество с Африкой по линии “Юг—Юг” в рамках форматов БРИКС и IBSA (форум Индии, Бразилии и ЮАР). Эта крупнейшая латиноамериканская страна в настоящее время переходит от политики преимущественного взаимодействия с португальязычными странами Африки к сотрудничеству со всеми африканскими государствами, в первую очередь в добывающей промышленности, сельском хозяйстве, развитии транспортной инфраструктуры.

Для России при определении собственной стратегии на африканском направлении особенно интересен опыт Китая: после распада СССР он занял и укрепил те позиции, которые занимал в Африке Советский Союз, и даже существенно их расширил. Интенсифицировав экономическое сотрудничество с Африкой, превратив страны континента в гарантированный рынок для сбыта своей продукции с более чем миллиардом потребителей, КНР в 1990—2000-е годы фактически подняла свою промышленность и массовое производство именно на том, что “прорабами перестройки” и идеологами реформ 1990-х годов декларировалось в качестве главной обузы для СССР. В 2010-е годы нынешнего века Китай превратился в главного торгово-экономического партнёра африканских государств. Это потребовало продуманных и последовательных усилий, переподготовки или отстранения тех, кто препят-

ствовал достижению реальных успехов из бюрократических, местнических или коррупционных соображений либо просто был не способен к работе на африканском направлении.

Сегодня Пекин последовательно создаёт глобальные цепочки формирования добавленной стоимости, в которых африканским производителям предлагается значимая роль. Такая политика *встроена* в стратегические планы социально-экономического развития самого Китая и реализацию его глобальных проектов, что принципиально отличает её от стратегии других стран. Конечной целью прилагаемых усилий должно стать создание “китайско-африканского сообщества единой судьбы в новую эпоху”.

На последней министерской конференции, состоявшейся в декабре 2021 г. в столице Сенегала Дакаре, Председатель КНР Си Цзиньпин в обращении к африканским участникам выдвинул четыре предложения: проявлять солидарность в борьбе с пандемией; углублять прагматическое сотрудничество; продвигать “зелёное развитие”; поддерживать честность и справедливость на международной арене. Китайский лидер напомнил, что перед этой встречей был принят совместный документ “Перспективное видение китайско-африканского сотрудничества до 2035 года”, и озвучил планы Пекина на первые три года. Китай планирует реализовать девять программ в следующих областях: *здравоохранение* (в частности, КНР предоставит 1 млрд доз вакцин, осуществит 10 проектов в сфере медицины и направит в Африку 1500 специалистов-медиков); *борьба с бедностью и развитие сельского хозяйства* (10 проектов); *торговля* (Китай планирует довести сумму импорта из Африки до 300 млрд долл.; открыть зелёный коридор для африканского сельскохозяйственного экспорта в КНР; выделить 10 млрд долл. на поддержку африканского экспорта в КНР); *инвестирование* (предполагается за три года нарастить прямые инвестиции в Африку на 10 млрд долл., создать Китайско-африканскую платформу поощрения частных инвестиций, выделить 10 млрд долл. для поддержки африканских финансовых институтов, создать Китайско-африканский центр трансграничных операций в юанях, списать часть долга беднейших африканских стран, передать государствам Африки дополнительный объём специальных прав заимствования (СПЗ) МВФ на сумму 10 млрд долл.); *цифровые инновации* (10 проектов); *зелёное развитие* (10 проектов, поддержка проекта “Великой зелёной стены Африки” и др.); *наращивание человеческого потенциала* (финансирование проектов в сфере образования и профессиональной подготовки, создание китайскими компаниями не менее 800 тыс. рабочих мест для местного населения); *культурно-гуманитарные контакты* (в том числе создание новых центров культуры и изуче-

ния китайского языка); *мир и безопасность* (10 проектов; оказание военной помощи Африканскому Союзу, подготовка военных специалистов и др.) [3].

Только краткое перечисление всех этих программ свидетельствует о том, насколько серьёзно и с какой глубиной стратегического видения Китай намерен в ближайшие годы сотрудничать с Африканским континентом.

Общий анализ упомянутых стратегий на африканском направлении приводит нас к выводу, что России будет весьма не просто конкурировать в геостратегической схватке за Африку с другими игроками, как старыми, так и новыми. Многие могут даже задаться вопросом, а есть ли у нас вообще какой-либо шанс в этой борьбе? На наш взгляд, для ответа на него необходимо проанализировать российско-африканские отношения за последние годы, выявить основные проблемы и те ошибки, которые мы совершили, взаимодействуя с африканскими партнёрами, и определить те сферы сотрудничества, которые представляют взаимный интерес и по которым у России есть явные конкурентные преимущества. Кроме того, необходимо задать себе вопрос: а есть ли у нас в нынешних условиях право не воспользоваться возможностями, которые открывает Африка для нашей экономики и безопасности и проигнорировать их только потому, что получение этих преимуществ требует ответственности, затраты сил и средств, а также инициативы?

После распада СССР, который рассматривал взаимодействие с Африканским континентом как важнейшую составляющую своей внешней политики, Россия, несмотря на колоссальные усилия и вложенные в развитие Африки средства, практически свернула отношения с африканскими государствами. Делалось это абсолютно целенаправленно людьми, возглавлявшими в тот период наши внешнеполитические и внешнеэкономические ведомства и ориентированными преимущественно на Запад. Под лозунгом “Хватит нам кормить Африку!” они, по сути дела, не дали нашей стране не только воспользоваться реальными дивидендами на российские вложения (а это около 300 промышленных предприятий, более 1000 объектов инфраструктуры, сотни образовательных, научных и культурных центров, построенных в Африке Советским Союзом, дружественная нам русскоговорящая африканская политическая и экономическая элита, подготовленная в советских вузах и т.д.), но и согласились под давлением американцев и их сателлитов — бывших колониальных метрополий — на крайне невыгодных для России условиях списать более 20 млрд долл. африканского долга нашей стране [4]. Всё это сопровождалось массовой отменой авиарейсов на Африканский континент (на 2021 г.



**Таблица 1.** Сопоставление количества новостных сюжетов, связанных с Африкой, США и КНР, в ведущих российских СМИ, 18–24 января 2022 г.

Новости по теме	СМИ (количество новостных сюжетов и % от общего числа новостей)		
	Интерфакс	РИА Новости	ТАСС
Африка	6 (0.5%)	11 (0.3%)	83 (1.3%)
США	103 (9.4%)	699 (22.0%)	813 (12.5%)
Китай	19 (1.7%)	29 (0.9%)	102 (1.6%)
Общее количество всех новостей на ресурсе	1097 (100%)	3211 (100%)	6500 (100%)

Рассчитано по: [6–8].

регулярные рейсы российских авиакомпаний осуществлялись только в Каир, даже в ЮАР, которая является членом БРИКС, наши самолёты не летают), закрытием наших посольств (их осталось 40 в 54 странах Африки) и торговых представительств (сегодня действуют четыре – в Египте, Алжире, Марокко и ЮАР), а также культурных центров (их осталось всего восемь на весь континент, а в советское время они имелись более чем в половине африканских стран, причём не только в столицах, но и в некоторых крупных городах в провинции; кроме того, неформальные культурные центры и кружки русского языка возникали почти на всех значимых объектах советско-африканского сотрудничества) и корпунктов российских СМИ. Резко сократилось и число африканских студентов, обучающихся в российских вузах. Так, по данным Минобрнауки России, в 2018–2019 учебном году были зачислены всего 2066 кандидатов из 52 стран Африки [5]. Новая африканская элита готовится сегодня в западноевропейских, американских и китайских вузах и становится проводником отнюдь не российских интересов. Иными словами, в 1990-е годы были разрушены не только экономические основы, но и вся инфраструктура нашего сотрудничества с Африкой, включая гуманитарную сферу – науку, образование, культуру, систему ценностей.

Ни для кого не секрет, что в современном мире всё большую роль начинает играть информация. Виртуальная реальность, по сути дела, практически формирует живую реальность, во всяком случае оказывает на последнюю колоссальное воздействие. В этих условиях роль СМИ в выстраивании наших отношений с Африкой приобретает первостепенное значение. Мы уже говорили о том, что Россия практически свернула свою информационную сеть в Африке. Фрагментарно там присутствуют наши информационные агентства, например, ТАСС и Спутник (у ТАСС в Африке всего пять представительств – в Египте, Марокко, Тунисе, Кении и ЮАР, у Спутника и RT – ни одного), но, как правило, они недостаточно укомплектованы как с технической, так и с кад-

ровой точки зрения, не выдерживают конкуренции со стороны западных и китайских СМИ и не ведут передачи на африканских языках. Кроме того, мы совсем не работаем в африканских социальных сетях, которые весьма популярны среди молодого африканского населения. Вот почему информацию о России, часто искажённую или даже ложную, африканцы черпают из западных источников. Африка практически отсутствует и в российском информационном пространстве, а новости о континенте носят преимущественно негативный, сенсационный или ироничный характер, причём в абсолютном большинстве случаев они демонстрируют невысокий уровень общей образованности и эрудиции отечественных авторов, не говоря уже об их понимании африканских реалий.

Мы провели анализ новостных сюжетов, посвящённых африканской повестке, за одну неделю (с 18 по 24 января 2022 г.) и пришли к следующим неутешительным выводам. Сегодня в средствах массовой информации Российской Федерации наблюдается крайне низкий уровень освещения ключевых событий, происходящих в Африке. Этот показатель достигал в исследуемый период 0.7% общей ленты ведущих российских СМИ (Интерфакс, РИА Новости, ТАСС). Для сравнения: новости, связанные с США, в среднем занимали 14.6% всей новостной ленты, а с КНР – 1.4% (табл. 1). При этом за недельный период исследования в странах Африканского континента происходили события, которые имеют определённое значение как для России, так и всего мира, в том числе военный переворот в Буркина-Фасо; контакты действующего руководства Мали с частными военными компаниями, созданными российскими гражданами, о чём упомянул глава МИД РФ С.В. Лавров [9], и конфликт малийских властей с партнёрами по военному сотрудничеству из стран ЕС; разногласия между Александрийской церковью и Русской православной церковью из-за решения Священного синода РПЦ образовать Патриарший экзархат Африки; проведение футбольного Кубка африканских наций и др.

**Таблица 2.** Доля Африки в мировом ВВП по обменному курсу и по ППС, 2000–2021 гг., %

	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2021 г.
По обменному курсу	2.1	2.5	3	3	2.8	2.8
По ППС	4.7	5	5.2	5	5	5

Рассчитано по: [13].

К примеру, в русскоязычных СМИ<sup>2</sup> политические события в Буркина-Фасо обсуждались в 43 [10] новостных статьях в различных изданиях, ещё в девяти публикациях [11] была представлена позиция МИД РФ по данному вопросу. Для сравнения: частный сюжет об эвакуации дипломатов Великобритании из Украины упоминался 94 раза [12]. Особо стоит отметить, что в российских СМИ в среднем более 75% новостей об Африке носят негативный характер. Страны континента зачастую фигурируют в новостях в контексте военных и религиозных конфликтов, серьёзных экономических проблем, бедности, распространения опасных заболеваний и т.д.<sup>3</sup>.

Таким образом, африканская повестка находится на периферии отечественного информационного пространства. Несмотря на то, что ключевые новости континента фрагментарно попадают в ленты российских СМИ, как правило, они не складываются в новостные сюжеты или рубрики (состоящие из ряда статей), по которым можно комплексно, в динамике сформировать общественное мнение о ситуации в этом макрорегионе. Зачастую сведения об Африке преподносятся не только в недостаточном объёме и точно, но имеют одностороннюю негативную окраску. Именно поэтому даже знаковые для Российской Федерации события, которые происходят в Африке, достаточно быстро выпадают из отечественного информационного пространства. В результате у российской общественности и даже профессионального сообщества, включающего политическую, экономическую и научную элиты, формируется абсолютно неверное представление о современной Африке, которое увязывается с такими понятиями, как бедность, слаборазвитость, голод, неграмотность, государственные перевороты, диктаторы у власти, терроризм, вооружённые конфликты и войны, пираты и захват заложников, нелегальная миграция и беженцы, коррупция и т.п.

Кроме того, российской элите свойственно и некое высокомерное отношение к Африке.

<sup>2</sup> Для расчёта использовались статистические данные сервиса Яндекс.Новости, куда направляют свои материалы 7685 информационных партнёров (в том числе все основные федеральные и региональные отечественные СМИ).

<sup>3</sup> Стоит обратить внимание на то, что исследование проводилось до начала известных событий на Украине, которые сегодня, безусловно, полностью доминируют в СМИ.

Сколько раз мы слышали из уст высокопоставленных чиновников фразу “Мы (то есть Россия) — не Африка”. Между тем к нашей стране в целях так называемого сдерживания сегодня весьма успешно применяются колониальные приёмы, которые в своё время применялись к африканским государствам. Речь идёт о таких инструментах, как зависимость от западных товаров и технологий, санкции, подкуп и коррумпирование политических, экономических и интеллектуальных элит, попытки смены неугодной власти через использование механизмов внутренних социальных протестов, в первую очередь с опорой на молодёжь и даже детей, поощрение “утечки мозгов”, навязывание западной системы ценностей и размывание национальной идентичности, в том числе сужение рамок использования национального языка, формирование колониального типа мышления и многое другое. И в этом смысле изучение африканского опыта может существенно помочь нам в преодолении собственных ошибок и решении задач ускоренного развития экономики и социальной сферы.

Несмотря на бездумное навязывание российскому общественному мнению представления об Африке как о самом отсталом и проблемном регионе мира, квалифицированные специалисты-африканисты, в том числе и западные эксперты, называют Африку континентом XXI столетия и связывают это как с устойчивыми темпами роста африканской экономики за последние 20 лет, так и с колоссальным ресурсным и человеческим потенциалом африканского региона. Нет смысла спорить о том, что африканские страны и их жители в среднем (но далеко не все!) беднее многих государств мира. Однако с точки зрения выгоды, перспектив, а с марта 2022 г. и безопасности для российского бизнеса они далеко опережают страны Запада.

Как видно из таблиц 2 и 3, среднегодовые темпы прироста ВВП Африки за последние 20 лет

**Таблица 3.** Среднегодовые темпы прироста ВВП в Африке и мире, 2000–2021 гг., %

	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2021 г.
Африка	4.2	6	5.8	3.3	–1.6	5.1
Мир	4.8	4.9	5.4	3.4	–3.1	4.9

Источник: [13].

были выше, чем соответствующие показатели по миру в целом, что позволило континенту повысить свою долю в мировом ВВП, хотя она всё ещё остаётся достаточно низкой. Однако в последнее время среди экспертов начинает формироваться мнение, что сама методика расчёта ВВП базируется на показателях, которые не отражают действительное положение дел в мировой экономике с точки зрения обладания реальными богатствами и производства реальных ценностей. Если опираться на эти индикаторы, то роль Африки в мировой экономике существенно возрастает.

Так, среди других регионов мира Африка занимает первое место по запасам руд марганца, хромитов, бокситов, золота, платиноидов, кобальта, ванадия, колтана, алмазов, фосфоритов, флюорита, второе — по запасам руд меди, асбеста, урана, сурьмы, бериллия, графита, третье — по запасам нефти, газа, ртути, железной руды; значительны также запасы титана, никеля, висмута, лития, тантала, ниобия, олова, вольфрама, драгоценных камней. Большинство из перечисленных полезных ископаемых необходимы для производства современных высокотехнологичных товаров широкого круга назначения, что делает стратегическую зависимость многих участников мировой экономики от их регулярных поставок весьма существенной.

Например, зависимость от поставок из Африки хрома достигает у США 97%, у стран ЕС — 62%, у Китая — 84%. По кобальту эти показатели равны 71, 82 и 100% соответственно. Доля Африканского континента в импорте марганца составляет у США 79%, у стран ЕС — 68%, а у Китая — 67%. Китай также получает из Африки 86% всей необходимой ему меди. Страны ЕС импортируют из Африки 63% используемого ими алюминиевого сырья и 58% титана, у Китая данный показатель — 49 и 50% соответственно. Доля африканских поставок урана у США — 27%, у ЕС — 35%, а у Китая — 36%. Более половины всего импорта ЕС таких металлов, как ниобий, тантал, ванадий и цирконий приходится на Африку. У США и Китая соответствующие индикаторы составляют 43 и 49% [14]. Таким образом, значительное число западных и китайских промышленных предприятий, производящих современные высокотехно-

**Таблица 4.** Доля африканского населения в мировом населении, 2020–2050 гг., %

2020 г.	2025 г.	2030 г.	2035 г.	2040 г.	2045 г.	2050 г.
17.2	18.4	19.7	21.1	22.6	24.1	25.6

Рассчитано по: [16].

логичные товары, в том числе связанные с военным производством, попросту не смогут функционировать без поставок африканского сырья.

Что касается Российской Федерации, то по данным крупнейшего российского минералога академика РАН Н.С. Бортникова, наша страна испытывает острый дефицит в таких металлах, как уран, марганец, хром, алюминий, цирконий, бериллий, литий, рений и в редкоземельных металлах иттриевой группы. Через 10 лет к ним добавятся ещё и свинец, сурьма, золото, серебро, алмазы, цинк [15]. Большинство этих видов ископаемых присутствуют в Африке, а себестоимость их добычи весьма низкая, что позволит нам рассматривать разработку африканских ресурсов (если это будет экономически выгодно по сравнению с разработкой собственных месторождений при их наличии) как одно из важных направлений преодоления дефицита важнейших видов стратегического сырья.

Современная Африка постепенно превращается и в значимый потребительский рынок, и в поставщика рабочей силы для мировой экономики. Население Африки уже сегодня превышает 1.2 млрд человек и растёт самыми высокими темпами в мире (табл. 4, 5). По прогнозам ООН, в 2050 г. более четверти всего мирового населения будет проживать в Африке. Сегодня 60% этого населения — молодые люди в возрасте до 25 лет, а именно молодёжь обеспечивает спрос на современные товары и услуги. По данным ООН, с 2040 г. две трети прироста мировой рабочей силы будет происходить за счёт Африканского континента. Потребительский рынок Африки удваивается каждые пять лет, а темпы прироста среднего класса, который составляет основу спроса на современные товары и услуги, уже превышают соответствующие показатели азиатских государств [16]. Кроме того, за последние 30 лет в Африке

**Таблица 5.** Доля африканского населения моложе 24 лет (0–24 года) во всём населении Африки и доля африканского населения моложе 24 лет (0–24 года) в мировом населении моложе 24 лет (0–24 года), 2020–2050 гг., %

	2020 г.	2025 г.	2030 г.	2035 г.	2040 г.	2045 г.	2050 г.
Доля молодёжи (0–24 года) Африки во всём населении континента	59.6	58.5	57.2	55.6	53.8	52	50.4
Доля молодёжи (0–24 года) Африки в мировом населении этого возраста	25	27.1	29.2	31.2	33.2	35.1	36.9

Рассчитано по: [16].

удалось вдвое сократить неграмотность — до 34%, в то время как в некоторых развитых государствах (например, в США) наблюдается противоположная тенденция. Так, по некоторым данным, 43 млн американцев не умеют читать и писать [17].

Огромное значение для успешного развития африканской экономики приобретает развитие и углубление интеграционных процессов, способное объединить материальные и человеческие ресурсы африканских государств, когда-то разъединённых искусственно прочерченными колониальными властями границами. Знаковым событием в развитии Африканского континента, сравнимым разве что с созданием ВТО, стало подписание 21 марта 2018 г. (на чрезвычайном саммите глав правительств АС в Кигали, Руанда) Соглашения о создании Африканской континентальной зоны свободной торговли (African Continental Free Trade Area, AfCFTA). В случае успешной реализации этот проект приведёт к появлению крупнейшей в мире по числу участников зоны свободной торговли с рынком, объединяющим население 55 стран — членов Африканского Союза [18].

Африка показывает всему миру и самые высокие темпы цифровизации. Мало кто знает, что первый в мире онлайн платёж был осуществлён в Кении. Сегодня в большинстве африканских государств онлайн платежи преобладают. А Руанда заявила об отказе от использования наличных денег. В Нигерии, а это самая большая по численности населения африканская страна, уже ведутся расчёты в электронной найре. Быстрое распространение на континенте получают криптовалюты. Недавний отчёт платформы данных блокчейна Chainalysis фактически показал, что в период с июля 2020 г. по июнь 2021 г. африканцы получили платежи в криптовалюте на сумму 105.6 млрд долл., что на 1200% больше, чем годом ранее. Примечательно, что по рейтингу Chainalysis Кения, Южная Африка и Нигерия входят в топ-10 стран по использованию криптовалюты [19]. Технологии DeFi (децентрализованные финансы) делаются всё более популярными в Африке. На Африканском технологическом форуме в Найроби, который состоялся в феврале 2022 г., вопрос о децентрализованных финансах стал одним из трёх основных для обсуждения, наряду с африканскими стартапами и мобильными сетями [20].

Африка даёт всему миру пример повышения роли женщин во всех сферах общественной жизни. На континенте женщины дважды занимали президентские посты — в Либерии и на Маврикии, а сегодня нигерийка по национальности Нгози Оконджо-Ивеала возглавляет ВТО. Женщины-африканки активно участвуют в законодательной деятельности, в том числе на посту председателей нижних и верхних палат парламентов, а в Руанде, например, 63% всех парламентариев —

представительницы прекрасного пола [21]. Женщины лидируют и по числу стартапов, запущенных в Африке. Растёт число женщин-политиков, предпринимателей, учёных.

Всё это ещё раз подтверждает тот факт, что наши представления об Африке как о территории отсталости, в том числе в социальной сфере, мягко говоря, не соответствуют действительности.

Сегодня в условиях резкого обострения отношений с США и ЕС Россия может и должна использовать африканский вектор внешней политики для решения задач собственного развития и укрепления своих позиций на международной арене, формируя в национальных интересах, а где надо и в противовес агрессивным геополитическим соперникам, собственные стратегические союзы и объединения. Как показал первый Саммит Россия—Африка, состоявшийся в октябре 2019 г. в Сочи, авторитет Российской Федерации в большинстве африканских государств чрезвычайно высок. Африканцы рассматривают нашу страну в качестве правопреемницы СССР, активно отстаивающей свой политический и экономический суверенитет и способной обеспечить гарантии безопасности другим государствам. В России страны континента видят и надёжного экономического партнёра, взаимодействующего с африканским государственным и частным бизнесом на взаимовыгодной основе. При этом следует принимать во внимание тот факт, что надежды африканцев на активизацию сотрудничества с РФ должны подкрепляться реальными шагами в экономической и политической сфере, а не ограничиваться словесными декларациями о “возвращении России в Африку”, тем более что за почти три года после Сочи оно было более чем скромным. Следует помнить, что в условиях переустройства мирового порядка и возросшей конкуренции за африканские ресурсы время, отведённое на такое возвращение с максимальной для себя выгодой, весьма ограничено.

Сегодня мы оказываемся в одной лодке с африканцами не только с точки зрения западного давления на нашу политическую и экономическую субъектность и желания освободиться от старых и новых форм колониализма. У нас сегодня общие цели и задачи. Мы обоюдно заинтересованы в формировании справедливого многополярного мира, где каждой стране и народу найдётся достойное место. И мы, и африканцы обладаем уникальными природными ресурсами, которые оказывают мощное влияние на развитие мировой экономики, и в этой сфере нам необходимо действовать не как конкурентам, как это происходит сегодня в нефтегазовой сфере, а как партнёрам. И Россия, и Африка находятся на перекрёстке важнейших торговых путей, соединяющих страны и континенты. А главное — мы в сво-

их стратегиях экономического развития делаем акцент на развитие внутреннего рынка, на преобразование наших стран из сырьевых в индустриальные и высокотехнологичные, опирающиеся в значительной степени на собственные ресурсы и возможности.

Весьма примечательно, что понимание необходимости активизации российско-африканского сотрудничества в новых условиях первыми осознали африканцы. Несмотря на колоссальное давление со стороны коллективного Запада, подавляющее большинство африканских государств, даже те, кто проголосовал за антироссийскую резолюцию на Генеральной Ассамблее ООН (таких стран оказалось 28 из 54), не поддержали экономические санкции против России. Более того, многие страны Африки готовы увеличить поставки в Россию своих товаров, включая продукцию сельского хозяйства, лёгкой промышленности, фармацевтики, а также необходимых видов сырья. Готовы они и к выстраиванию новых логистических цепочек с нашей страной, предоставляя российской стороне возможность использования своих объектов транспортной инфраструктуры. В свою очередь, они ждут от России в 2022 г. поставок зерна и удобрений — товаров, наиболее востребованных сегодня, а в дальнейшем — развития технологического партнёрства с нашей страной в сферах, где РФ обладает высокими конкурентными преимуществами.

С учётом растущей конкуренции на Африканском континенте старых и новых игроков России при формировании своей стратегии следует принимать во внимание интересы африканских государств, сформулированные в стратегическом документе Африканского союза — «Повестке 2063», в соответствии с которым Африка должна превратиться в процветающий континент с передовой инфраструктурой и промышленностью, качественно новым человеческим потенциалом [22]. Одновременно необходимо чётко понимать, как взаимодействие с Африкой будет способствовать решению собственных задач развития Российской Федерации, её экономическому и технологическому прорыву и обеспечению национальной безопасности на фоне обострения конфронтации с Западом. В условиях жесточайших санкций и попыток исключения России из мирового политического и экономического пространства особую роль приобретает поиск новых партнёров, способных как поддержать Россию на различных международных площадках, так и открыть новые возможности для экономического взаимодействия. Нарастание напряжённости во взаимоотношениях с Европой и США, рост экономической и политической мощи и влияния Китая на азиатском направлении, раскачивание ситуации на Ближнем и Среднем Востоке обуславливают значение африканского вектора внешней поли-

тики России. В политическом плане для нас чрезвычайно важна поддержка африканских стран, которые составляют более четверти всех голосующих в ООН. Сейчас, когда всё шире практикуется высылка российских дипломатов из большинства западных государств, появляется реальная возможность без дополнительных финансовых затрат укрепить дипломатическую работу на африканском направлении, открывая ранее закрытые российские посольства и торговые представительства и расширяя численность квалифицированного дипломатического персонала в африканских государствах.

В экономическом плане Африка для нас — не только поставщик сырьевых ресурсов, но и важнейший рынок для реализации нашей промышленной продукции и применения российских технологий, включая локализацию российских производств на континенте, подготовку кадров, передачу знаний и навыков. Поэтому второй Саммит Россия—Африка должен стать качественно новым шагом в деле развития российско-африканских отношений. Необходимо перейти от формулировки целей и задач российской политики на африканском направлении к реализации конкретных проектов и разработке механизма и инструментария взаимовыгодного сотрудничества. В политическом плане ожидания стран Африки от России в условиях формирования многополярного мира связаны с поддержкой их политического суверенитета, с противодействием цветным революциям, организуемым США и ЕС, а также с решением проблем безопасности, включая военную, антитеррористическую и информационную составляющие.

Африканцы ждут от России роста взаимного товарооборота, в первую очередь увеличения поставок африканской продукции в РФ. На саммите в Сочи Президент РФ В.В. Путин поставил задачу увеличить объём торговли в ближайшие годы по меньшей мере в 2 раза [23]. На 2019 доковидный год данные по российско-африканской торговле были весьма скромными на фоне других партнёров, хотя за последние 10 лет и имели тенденцию к росту. Доля РФ во внешнеторговом обороте Африки увеличилась за этот период с 0.8 до 1.6%, но не могла идти ни в какое сравнение не только с ЕС и Китаем (28 и 16% соответственно), но и существенно уступала отдельным европейским и азиатским странам (табл. 6).

Для расширения объёмов российско-африканской торговли в условиях развязанной против России экономической войны необходимо будет решать в первую очередь вопросы логистики, связанные с транспортировкой товаров в обе стороны с выстраиванием новых логистических цепочек и организацией логистических центров (морские порты, аэропорты, склады и т.п.) поста-

**Таблица 6.** Структура торговли (экспорт, импорт, товарооборот, сальдо торгового баланса) Африки в 2010–2019 гг. по основным торговым партнёрам, млрд долл., %

Страны-партнёры		Экспорт		Импорт		Товарооборот (экспорт+импорт)		Сальдо (экспорт–импорт)	
		2010	2019	2010	2019	2010	2019	2010	2019
Китай	млрд долл.	54.6	68.4	57.3	102	111.9	170	–2.7	–33.6
	%	11.2	14.4	12.4	17.7	11.8	16	—	—
Индия	млрд долл.	24.1	31.3	16.7	30.8	40.8	62	7.4	0.5
	%	5	6.6	3.6	5.3	4.3	6	—	—
Бразилия	млрд долл.	11.6	4.8	9.5	8.9	21.1	14	2.1	–4.1
	%	2.4	1	2.1	1.5	2.2	1	—	—
Турция	млрд долл.	5.6	6.2	8.7	17.7	14.3	24	–3.1	–11.5
	%	1.2	1.3	1.9	3.1	1.5	2	—	—
Россия	млрд долл.	2.1	2.9	5.4	13.9	7.5	16.8	–3.3	–11
	%	0.4	0.6	1.2	2.4	0.8	1.6	—	—
США	млрд долл.	75.4	23.3	33.6	31.5	109	55	41.8	–8.2
	%	15.5	4.9	7.3	5.5	11.5	5	—	—
ЕС-27	млрд долл.	146.7	139.7	139.9	154.5	286.6	294	6.8	–14.8
	%	30.2	29.4	30.3	26.8	30.2	28	—	—
Великобритания	млрд долл.	14.5	13.6	13.8	11.6	28.3	25	0.7	2
	%	3	2.9	3	2	3	2	—	—
Франция	млрд долл.	30.4	26.3	33.5	30.4	63.9	57	–3.1	–4.1
	%	6.3	5.5	7.3	5.3	6.7	5	—	—
Германия	млрд долл.	12	19.5	25	25.6	37	45	–13	–6.1
	%	2.5	4.1	5.4	4.4	3.9	4	—	—
Италия	млрд долл.	38.2	21.8	59.9	20.5	59.9	42	16.5	1.3
	%	7.9	4.6	6.3	3.6	6.3	4	—	—
ИТОГО по всем странам		486.3	475.6	461.3	577.3	948	1053	25	101.7

Рассчитано по: [14]; данные по России [24].

вок российской продукции на африканские рынки. Огромную роль приобретает и создание новых механизмов оплаты товаров с целью снижения роли расчётов в долларах и евро, включая встречную торговлю (бартер), разработку механизма учёта концессий на природные ресурсы в экспортных сделках, использование национальных, в том числе электронных, валют и т.п. Используя зарубежный опыт, необходимо также рассмотреть возможность наделения специальными полномочиями одного из российских государственных банков по осуществлению целевого финан-

сирования экспортных сделок и инвестиционных проектов на Африканском континенте.

Однако, на наш взгляд, не торговля должна стать тем звеном, благодаря которому мы можем поднять на новый уровень всю систему российско-африканских отношений. Ключевым направлением на ближайшую перспективу, которое станет привлекательным для африканских стран и будет способствовать успешному экономическому развитию Российской Федерации, могут стать российские инвестиции в те сферы африканской экономики, которые представляют ин-

интерес как для РФ, так и для государств Африки. Прежде всего речь идёт об отработке двусторонних возможностей *технологического партнёрства*.

В условиях постковидного мира спрос на российские технологии в Африке может существенно вырасти, так как Россия обладает высокими компетенциями именно в тех сферах, которые наиболее востребованы сегодня на Африканском континенте. Самая острая проблема, стоящая сегодня перед африканцами, — энергетическая. Около половины жителей Африки не имеют доступа к электроэнергии [25]. Перспективным решением задачи обеспечения энергией может стать строительство атомных и гидроэлектростанций, где основным подрядчиком станет Российская Федерация, имеющая колоссальный опыт в данной сфере. Наша страна уже реализует проект строительства мощной атомной электростанции в Египте и готовит подобные проекты в ряде других африканских государств [26]. Мы также можем производить оборудование для нефтегазовой отрасли, чёрной металлургии, горнодобывающей промышленности, малой авиации и сельского хозяйства. Африканцы заинтересованы в строительстве заводов по производству медного кабеля и оптоволоконка, удобрений из местного сырья, мини-заводов по переработке сельскохозяйственной продукции, в программах по цифровизации экономики, включая программы цифровой трансформации — от “умного города” и контроля за налогообложением до создания системы кибербезопасности.

Большие перспективы имеет также сотрудничество в космической сфере, включая создание совместных спутников дистанционного зондирования земли (оптических, радиолокационных и спектроскопических), наземного оборудования для получения и обработки данных со спутников, а также в строительной отрасли, в том числе в строительстве дорог, мостов, тоннелей, аэропортов, речных и морских портов [27]. Необходимо развивать кооперацию и в сфере медицины, включая как совместную борьбу с опасными инфекционными заболеваниями, так и фармацевтическую отрасль. Особую роль играют технологии водоочистки, так как проблема чистой питьевой воды для ряда африканских государств весьма актуальна. По всем вышеперечисленным направлениям Россия обладает высокими компетенциями и возможностями, включая подготовку соответствующих кадров и обучение местного персонала.

Важным направлением должно стать взаимодействие в научной сфере. При этом приоритеты научного сотрудничества с Африкой должны быть специфическими и отличаться от задач сотрудничества с США или странами ЕС. Во главу угла нужно поставить не задачу научиться чему-

то или перенять научный опыт, а использовать особые условия и возможности, присущие именно Африканскому континенту, для приумножения научно-технического потенциала нашей страны и науки. Речь в первую очередь идёт о сотрудничестве в сфере биобезопасности, медицины, биоразнообразия, геологии и переработки полезных ископаемых, экологии и климата, “голубой экономики”, сельского хозяйства, космоса, информационных технологий и гуманитарных наук [28]. Первым конкретным шагом на этом направлении может стать создание на базе единственной функционирующей с 1987 г. Совместной советско-эфиопской (позднее российско-эфиопской) биологической экспедиции в Африке Совместного российско-эфиопского биологического центра.

Трансфер российских технологий, как и сотрудничество в научной сфере, выгодны России не только с точки зрения её международного имиджа как страны, способствующей передовому развитию Африки и укреплению её экономического суверенитета. Такой трансфер позволяет формировать армию своих сторонников в странах континента через решение проблемы преодоления технологической отсталости и подготовки квалифицированных кадров, осваивающих и продвигающих именно российские технологические решения. Кроме того, Россия получает, с одной стороны, возможность отработки и совершенствования своих технологий, востребованных быстрорастущим молодым африканским населением, с другой стороны, огромный рынок для российских высокотехнологичных товаров и услуг, так необходимый многим отечественным производителям.

По нашему мнению, именно тема трансфера российских технологий в Африку, наряду с политической и информационной проблематикой, должна стать важнейшей для обсуждения на втором Саммите Россия—Африка. Это отвечает интересам как нашей страны, так и всех африканских государств.

#### ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Статья подготовлена в рамках проекта “Посткризисное мироустройство: вызовы и технологии, конкуренция и сотрудничество” по гранту Министерства науки и высшего образования РФ на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технологического развития (Соглашение № 075-15-2020-783).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. African Economic Outlook 2017 // African Development Bank, Organization for Economic Cooperation and Development, United Nations Development Pro-

- gramme. [https://read.oecd-ilibrary.org/development/african-economic-outlook-2017\\_aeo-2017-en#page30](https://read.oecd-ilibrary.org/development/african-economic-outlook-2017_aeo-2017-en#page30) (дата обращения 18.03.2022).
2. Фитуни Л.Л., Абрамова И.О. Политическая теория деколонизации: императивы современного прочтения // Полис. Политические исследования. 2020. № 6. С. 26–40.
3. Фитуни О.Л. Адаптация африканской стратегии КНР к реалиям постковидного мира // Азия и Африка сегодня. 2021. № 12. С. 20–28.
4. Абрамова И., Фитуни Л. Новая стратегия России на африканском направлении // Мировая экономика и международные отношения. 2019. № 12. С. 90–100.
5. Свыше трети всех обучающихся в вузах РФ африканских студентов поступили в этом году // ТАСС. 29.12.2020. [https://tass.ru/obschestvo/10375451?utm\\_source=yandex.ru&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=yandex.ru&utm\\_referrer=yandex.ru](https://tass.ru/obschestvo/10375451?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru) (дата обращения 11.01.2022).
6. Новости // Интерфакс Россия. <https://www.interfax-russia.ru/news> (дата обращения 24.01.2022).
7. Лента новостей // РИА Новости. <https://ria.ru/> (дата обращения 24.01.2022).
8. Лента новостей // ТАСС. <https://tass.ru/> (дата обращения 24.01.2022).
9. Выступление и ответы на вопросы СМИ министра иностранных дел Российской Федерации С.В. Лаврова в ходе совместной пресс-конференции с министром иностранных дел Мали А. Диомом по итогам переговоров, Москва, 11 ноября 2021 года // МИД РФ. 11.11.2021. [https://mid.ru/ru/foreign\\_policy/news/1785824/](https://mid.ru/ru/foreign_policy/news/1785824/) (дата обращения 11.01.2022).
10. Сообщение “Военные в Буркина-Фасо объявили о взятии власти” аннулировано // Яндекс.Новости. 24.01.2022. [https://yandex.ru/news/story/Soobshhenie\\_Voennye\\_vBurkina-Faso\\_obyavili\\_ovzyatii\\_vlasti\\_annulirovano-2a7df265d4c92dee015cd8f11585246a?lang=ru&fan=1&std=LSw3T09DZcAsM6M7cbZB&t=1643199441&persistent\\_id=177928331](https://yandex.ru/news/story/Soobshhenie_Voennye_vBurkina-Faso_obyavili_ovzyatii_vlasti_annulirovano-2a7df265d4c92dee015cd8f11585246a?lang=ru&fan=1&std=LSw3T09DZcAsM6M7cbZB&t=1643199441&persistent_id=177928331) (дата обращения 24.01.2022).
11. В МИД России выразили беспокойство осложнением ситуации в Буркина-Фасо // Яндекс.Новости. 24.01.2022. [https://yandex.ru/news/story/MID\\_Moskva\\_obespokoena\\_voennym\\_perevorotom\\_vBurkina-Faso\\_ni\\_odin\\_rossiyanin\\_ne\\_postradal-55b4e2122f2131d86e7b18b561ba8192?lang=ru&wan=1&t=1643198926&persistent\\_id=177976058](https://yandex.ru/news/story/MID_Moskva_obespokoena_voennym_perevorotom_vBurkina-Faso_ni_odin_rossiyanin_ne_postradal-55b4e2122f2131d86e7b18b561ba8192?lang=ru&wan=1&t=1643198926&persistent_id=177976058) (дата обращения 24.01.2022).
12. Британия выводит часть сотрудников посольства в Киеве // Яндекс.Новости. 24.01.2022. [https://yandex.ru/news/story/MID\\_Britanii\\_zayavil\\_onachale\\_vyvoza\\_nekotorykh\\_sotrudnikov\\_posolstva\\_vKieve-c683878b74b0bfa91f257a8afb3af565?lang=ru&wan=1&t=1643200848&persistent\\_id=177945149](https://yandex.ru/news/story/MID_Britanii_zayavil_onachale_vyvoza_nekotorykh_sotrudnikov_posolstva_vKieve-c683878b74b0bfa91f257a8afb3af565?lang=ru&wan=1&t=1643200848&persistent_id=177945149) (дата обращения 24.01.2022).
13. World Economic Outlook (April 2021) // International Monetary Fund. <https://www.imf.org/external/databytopic/datasets/WEO> (дата обращения 25.03.2022).
14. Trade Map // International Trade center. <https://www.trademap.org/> (дата обращения 25.03.2022).
15. Бортников Н.С., Волков А.В., Галямов А.Л. и др. Минеральные ресурсы высокотехнологичных металлов в России: состояние и перспективы развития // Геология рудных месторождений. 2016. № 2 (58). С. 97–119.
16. World Population Prospects 2019 // UN, Department of Economic and Social Affairs. <https://population.un.org/wpp/> (дата обращения 27.03.2022).
17. Keneally M. 43 million Americans – said to include R. Kelly – struggle to read and write // ABC News. 29.07.2019. <https://abcnews.go.com/Health/43-million-americans-include-kelly-struggle-read-write/story?id=64507659> (дата обращения 01.04.2022).
18. Thomas D. What you need to know about the African Continental Free Trade Area // African Business. 10.02.2022. <https://african.business/2022/02/trade-investment/what-you-need-to-know-about-the-african-continental-free-trade-area/> (дата обращения 27.03.2022).
19. Ndemo B. The role of cryptocurrencies in sub-Saharan Africa // Brookings. 16.03.2022. <https://www.brookings.edu/blog/africa-in-focus/2022/03/16/the-role-of-cryptocurrencies-in-sub-saharan-africa/> (дата обращения 12.04.2022).
20. Connecting African Fintech and DeFi leaders // Africa Tech Summit. <https://www.africatechsummit.com/nairobi/africa-money-and-defi-summit-african-fintech-summit/#/> (дата обращения 12.04.2022).
21. Women Representation // Parliament of Rwanda. <https://www.parliament.gov.rw/women-representation> (дата обращения 18.03.2022).
22. Agenda 2063: The Africa We Want // African Union. <https://au.int/en/agenda2063/overview> (дата обращения 22.03.2022).
23. Завражин К., Латухина К. Владимир Путин призвал удвоить товарооборот с Африкой // Российская газета. 23.10.2019. <https://rg.ru/2019/10/23/vladimir-putin-prizval-udvoit-tovarooborot-s-afrikoy.html> (дата обращения 05.04.2022).
24. Документы ТСВТ // ФТС РФ. <http://stat.customs.gov.ru/documents> (дата обращения 19.02.2022).
25. Шарова А.Ю. Инвестиции в электроэнергетику Африки и их роль в преодолении энергетической отсталости континента // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. 2020. № 6. С. 181–197.
26. Крупнейшие российские проекты в Африке // Коммерсантъ. 23.10.2019. <https://www.kommersant.ru/doc/4134272> (дата обращения 05.04.2022).
27. Баринев А.К., Шарова А.Ю. Инфраструктурное развитие Африканского континента (транспорт Восточной Африки) // Азия и Африка сегодня. 2021. № 7. С. 38–45.
28. Фитуни Л.Л. Наука, технологии и инновации в Африке: стереотипы, реалии, перспективы // Азия и Африка сегодня. 2021. № 4. С. 15–24.



## ВИРТУАЛИЗАЦИЯ ТРАНСГРАНИЧНОЙ ТРУДОВОЙ МИГРАЦИИ

© 2022 г. И. П. Цапенко<sup>а,\*</sup>, И. В. Гришин<sup>а,\*\*</sup>

<sup>а</sup>Национальный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений  
им. Е.М. Примакова РАН, Москва, Россия

\*E-mail: tsapenko@bk.ru

\*\*E-mail: i.grishin@inbox.ru

Поступила в редакцию 12.02.2022 г.

После доработки 06.03.2022 г.

Принята к публикации 23.03.2022 г.

Под виртуальной трудовой миграцией, или телемиграцией, в экспертном сообществе принято понимать удалённую работу или предоставление услуг, которые осуществляются в трансграничном формате. Присутствие слова “миграция” в данном термине логически побуждает к рассмотрению обозначаемого процесса в миграционном контексте. С позиции концепции миграционного перехода распространение виртуальной миграции можно трактовать как новое, порождённое многоплановыми цифровыми трансформациями звено в цепи преобразований мобильности. При такого рода миграции человек пересекает лишь виртуальные границы государств и, не покидая страны проживания, фактически трудится за её пределами, выполняет в дистанционном электронном режиме задачи зарубежного заказчика.

Краткосрочность и быстрая сменяемость большинства работ в киберпространстве придаёт этому процессу характер чрезвычайно интенсивной циркуляции, несвойственной традиционным трудовым отношениям. Пока эта модель занятости имеет ограниченное распространение, но она стремительно развивается, получив мощный импульс в условиях пандемии COVID-19, и в перспективе может приобрести значительный размах. Принося дивиденды работникам и работодателям, взаимодействующим на глобальных рынках цифровизированного труда, виртуальная миграция одновременно обостряет хронические дисбалансы и порождает новые источники социальной напряжённости. Они связаны в том числе с глобальной асимметрией социально-экономического и цифрового развития, возникновением новых факторов и сфер конкуренции работников на рынке труда, недостаточной социальной защищённостью исполнителей. Оптимизации развития виртуальной миграции могли бы способствовать комплексные регулятивные меры на уровне международных организаций, государств и компаний.

**Ключевые слова:** международная миграция населения, цифровые технологии, виртуальная миграция, телемиграция, мобильность, циркуляция, трансграничная удалённая занятость, платформы цифровизированного труда, международная торговля услугами, социальные дисбалансы и различия.

DOI: 10.31857/S0869587322090109



ЦАПЕНКО Ирина Павловна — доктор экономических наук, заведующая сектором ИМЭМО РАН.  
ГРИШИН Игорь Владимирович — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник ИМЭМО РАН.

Стремительное и масштабное проникновение цифровых технологий (ЦТ) во все сферы жизнедеятельности общества вызывает глубокие и многообразные трансформации. Серьёзные изменения происходят и в трансграничной трудовой мобильности населения. Яркой приметой цифровой эпохи служит распространение телемиграции, при которой работник, находясь в стране своего проживания, взаимодействует с зарубежным работодателем и фактически трудится в другой стране с использованием онлайн-платформ.

Телемиграция преобразует характер присутствия иностранцев на рынках труда, меняет представления о миграции и мигрантах и интегрируется в дискурс общественного развития и управления. Будучи чисто виртуальными, подобные

взаимодействия сопряжены с реальными физическими процессами, протекающими в мировой экономике. Мощный импульс развитию такого перераспределения рабочей силы придала пандемия COVID-19. Однако в силу новизны самого этого явления виртуальная миграция пока мало изучена.

С какими процессами в глобальной экономике и как сопряжена виртуальная миграция? Какие возможности и преимущества она открывает для работников и работодателей, особенно в современных условиях экономической и социальной нестабильности? Какую роль играет в сохранении и обострении существующих хронических дисбалансов и возникновении новых источников социальной дифференциации и напряжённости? Какое место занимает в глобальной экономике? Каковы перспективы и ограничения её дальнейшего развития? В предлагаемой статье предпринята попытка ответить на эти вопросы.

Анализ телемиграции как новой, особой формы трансграничной мобильности осуществлялся на основе теоретических положений о международной миграции населения в увязке и соотношении циркуляции работников в киберпространстве с их физическими передвижениями в условиях глобализации рынка труда. Авторы опирались на концептуальные конструкции и оценки цифровых трансформаций, предлагаемые зарубежными и отечественными исследователями. Использовались данные социологических обследований работников и аналитические материалы международных организаций, консалтинговых компаний и виртуальных бирж труда.

## ПОНЯТИЙНОЕ ПОЛЕ И ФАКТОРЫ ВИРТУАЛЬНОЙ МИГРАЦИИ

Предшествовавшие пандемии коронавируса десятилетия были отмечены разительными переменами в характере трансграничных передвижений населения: некогда наиболее распространённый поселенческий тип переезда отступил перед временной, всё чаще циркуляционной миграцией. Последнюю в свою очередь обгоняла в динамизме немиграционная (без смены страны проживания) мобильность, в частности международный туризм [1]. Теперь же под воздействием масштабной цифровизации современных обществ, ускоренной пандемией, точнее противоэпидемическими ограничениями людских потоков, набирает силу и обретает всё более заметный размах телемиграция, когда работник как бы уезжает в другую страну, в действительности этого не совершая.

Ключ к пониманию современных неординарных сдвигов даёт классическая концепция миграционного перехода, разработанная более полуве-

ка назад американским географом В. Зелинским [2] и получившая развитие в работах Х. Хааса [3], Р. Скелдона и других исследователей. Сквозь призму и в терминах этой концепции, увязывающей преобразования характера, форм и направлений людских передвижений с развитием общества<sup>1</sup>, распространение виртуальной миграции можно трактовать как новое, вызванное к жизни цифровизацией звено в цепи трансформаций мобильности. Или же, используя выражение А.Г. Вишневского, как “составную часть глобального перехода к многомерной мобильности” [4]. Соответственно, в наблюдаемом в нынешнем столетии замедлении динамики долгосрочных людских передвижений, которое в условиях пандемии приняло характер резкого сжатия и даже временной остановки потоков, видится не столько затухание некоторых из них, сколько переход их части в иное – виртуальное – состояние. Краткосрочность и быстрая сменяемость большинства работ в гиг-экономике<sup>2</sup> придаёт этому процессу характер цифровой циркуляции исполнителей, что соответствует новому, связанному с цифровизацией этапу развития экономики. Народно-хозяйственная деятельность всё заметнее смещается из физического пространства в цифровое, а информация и информационно-коммуникационные технологии обретают всё более важную роль среди механизмов функционирования экономики.

Термин “виртуальная миграция” был введён в научный оборот американским социологом индийского происхождения А. Анишем [5]. Как он полагает, физическая трудовая миграция, называемая им *body shopping*, становится анахронизмом, представляет “старую” экономику и воспроизводит мир, разделённый разного рода границами, барьерами и предрассудками. Напротив, виртуальная миграция, или “миграция без миграции” [5, р. 2], фактически не знающая подобных препятствий, стала новым каналом и символом глобализации. Распространение виртуальной миграции, олицетворяющей “новую экономику”, служит своего рода индикатором развитости, информативности народного хозяйства и качества используемого иностранного труда. В условиях эпидемии и закрытия территориальных границ государств проницаемость, открытость их ин-

<sup>1</sup> Ещё в 1970-е годы В. Зелинский предвидел, что в будущих суперразвитых обществах по мере улучшения систем коммуникации и логистики возможно свёртывание некоторых существующих форм мобильности и зарождение новых [2, р. 231].

<sup>2</sup> Гиг-экономика — система работы, при которой сотрудников не нанимают в штат, а привлекают как сторонних исполнителей на конкретные проекты, для выполнения определённых задач в оговоренные сроки. Её также называют платформенной экономикой краткосрочных контрактов, экономикой краудсорсинга.

формационного пространства придала дополнительные импульсы виртуальным потокам.

Ростки виртуальной мобильности, точнее её гибрида с физической мобильностью, были замечены ещё в 1990-е годы японским физиком Т. Макимото и британским писателем Д. Мэннерсом, выпустившими в 1997 г. книгу “Цифровой кочевник” [6]. Цифровые кочевники — это люди, которые не привязаны к какой-либо определённой территории, они могут постоянно перемещаться и работать или учиться в любом месте благодаря использованию “кочевнических технологий” — Интернета и мобильной связи. Цифровые нómады живут под множеством “флагов” и считаются “людьми вселенной”. Их когорта включает фрилансеров, собственников компаний, топ-менеджеров “бизнеса без офиса”, высокооплачиваемых консультантов-экспертов, студентов и т.п. [7, 8].

В то же время феномен виртуальной миграции не соответствует принятому определению международной миграции населения, согласно которому главным критерием последней служит постоянная или временная смена страны проживания. Виртуальную миграцию можно считать миграцией лишь условно, в переносном смысле, поскольку это особый вид глобальной трудовой мобильности, который предполагает пересечение только виртуальных границ. Передвижения в киберпространстве обычно носят краткосрочный характер, нередко измеряясь днями и даже часами. Российский учёный Г.И. Глущенко пишет: “Появляются концептуально и юридически новые формы цифровой мобильности, ставящие под сомнение однозначность понимания правовых территорий и, следовательно, фундаментальных категорий регулирования и понимания миграции” [9, с. 59]. Вместе с тем виртуальная мобильность зачастую возникает на стыке или в сопряжении с физической миграцией и является виртуальной проекцией реальных экономических процессов.

Швейцарский экономист Р. Болдуин принимает попытку концептуализировать телемиграцию, рассматривая её как форму международной торговли услугами, при которой места производства и потребления услуг разделены в пространстве в соответствии с различиями в их стоимости [10, р. 2]. Точнее, цифровая циркуляция сопряжена с трансграничным предоставлением услуг в электронном виде (в рамках 1-го способа доставки услуг по Генеральному соглашению по торговле услугами — ГАТС). Подобный тип торговли услугами, в том числе заданиями и результатами их выполнения, интенсивно развивается в условиях революции торгуемости и порождает миграцию рабочих мест. Тем самым он становится драйвером встречных, зеркально отражающих такую миграцию виртуальных пото-

ков, и одновременно — альтернативой (зачастую тормозом) физической трудовой миграции.

Главными факторами виртуальной, как и физической, мобильности работников являются различия в социально-экономическом и демографическом развитии и состоянии рынков труда разных частей планеты, интеграционные процессы в мировом хозяйстве; важную роль играют мотивации и установки современных отходников в области профессиональной самореализации. Но, естественно, решающую роль в появлении и распространении телемиграции сыграли цифровые технологии. Их глобальное проникновение, расширение технических возможностей населения для онлайн-труда в режиме реального времени, повышение ценовой доступности информационных и телекоммуникационных сервисов для массовых слоёв позволяют людям работать в любое время суток и из любого места, в том числе из дома, и предоставлять услуги в трансграничном формате. Сжатие расстояний и понижение их значимости для реализации профессиональных компетенций работников способствуют делокализации экономической деятельности (ослабление связи с конкретной территорией).

Основные предпосылки телемиграции заложены радикальными цифровыми трансформациями в экономике и социальной сфере, прежде всего преобразованиями в структуре и механизмах рынка труда, характере и способах выполнения работы, а также составе и типах работников [11]. ЦТ вызывают серьёзные сдвиги в спросе на рабочую силу, в частности, стремительный рост потребностей экономики в представителях новых, “цифровых”, профессий<sup>3</sup>, за которым не поспевают образовательные системы. При автоматизации работ, выполняемых представителями многих массовых видов занятий, образуются “квалификационная яма” и острый дефицит штучных специалистов. Согласно опросу консалтингового центра “Manpower Group”, в конце 2021 г. 69% фирм испытывали трудности с наймом профессионалов [13]. Наличие заметных дисбалансов в некоторых сегментах рынка труда в условиях пандемии заостряет вопрос о необходимости использования труда зарубежных работников и актуализирует их привлечение по виртуальным каналам.

С размыванием классических производственных структур и формированием бизнес-моделей гиг-экономики, экономики талантов и т.п., функционирующих на основе использования ЦТ, связано возникновение гибких и нестандарт-

<sup>3</sup> Согласно Атласу новых профессий 2020 г., в ближайшие 15–20 лет в России могут появиться такие профессии, как кибертехник умных сред, киберследователь, разработчик нанороботов, модератор шеринговых платформ, проектировщик нейроинтерфейсов [12].

ных форм краткосрочной занятости, придающее виртуальной миграции характер цифровой циркуляции. В первую очередь речь идёт о телеработе, платформенной занятости по проекту, запросу и т.п., которые сосуществуют с традиционными видами труда. Благодаря ЦТ получает распространение офшорный онлайн-аутсорсинг услуг, особенно в сферах информационных технологий, бизнес-процессов и бизнес-аналитики, а также управления. Он предполагает наём с помощью Интернета внештатных, в том числе заёмных, зарубежных работников и оказание ими услуг заказчикам, не являющимся резидентами стран проживания/нахождения работников [14, 15].

Цифровизация экономики также способствует созданию условий для изменения системы трудовых отношений, массового замещения организованного наёмного труда индивидуализированным самостоятельным и быстрого увеличения когорты работников, которые всё чаще выступают в качестве независимых подрядчиков, фрилансеров, а не штатного персонала, занятого полный день [14, 16, 17]. Более того, формируется работник нового типа, который “должен не только быть специалистом в той или иной области, но и самостоятельно управлять своим временем, организовывать рабочий процесс, вести финансовую деятельность и отчётность”, обладать “способностью к самообучению, готовностью работать в условиях незнакомой культуры, неопределённости и стресса” [17, с. 35, 36].

Взаимодействие удалённых участников виртуальной миграции осуществляется преимущественно на платформах (в информационных системах) цифровизированного (по форме реализации) труда. Там совершаются глобальные транзакции между продавцами труда в странах с его низкой стоимостью и покупателями с высоким уровнем заработной платы, что при подобных ценовых разрывах позволяет обеим сторонам получать выигрыш на международном рынке информационных и т.п. услуг в отсутствие физической миграции [18, 19]. По цифровым каналам работники и работодатели создают временные производственные сети и партнёрства и поддерживают коммуникации, тем же способом исполнители передают заказчикам продукты своего труда в цифровой форме.

В числе наиболее популярных платформ цифровизированного труда, исчисляемых ныне тысячами, — *Freelancer.com*, крупнейшая мировая площадка фриланса и краудсорсинга, объединявшая в конце 2021 г. более 55 млн пользователей практически из всех стран мира, *Upwork*, ведущая международная торговая система в сфере профессиональных услуг (в 2018 г. — 16 млн зарегистрированных фрилансеров), *Crowdfunder*, *Amazon Mechanical Turk (AMT)* и др.

Среди виртуальных, как и реальных, мигрантов чётко прослеживается дифференциация по сферам занятости, в частности, по двум сегментам онлайн-занятости зарубежных работников (хотя и строго не разграниченных), которые различаются по сложности и масштабности производственных задач, уровню квалификации исполнителя и размеру вознаграждения: микротруд и фриланс [15].

Микротруд (*microwork* — по названию соответствующей платформы *Microworkers*) предполагает фрагментацию задания на микрозадачи, которые могут быть выполнены за очень короткий срок и быстро сменяют друг друга. Виртуальная циркуляция работников отличается чрезвычайной интенсивностью, гораздо более высокой, нежели в физическом пространстве. Для выполнения таких видов деятельности, как, например, удаление запрещённого контента из социальных сетей, ввод данных, транскрипция слов, категоризация изображений, запись образцов реплик и т.п., обычно требуются варьирующиеся наборы, как правило, элементарных компетенций без привязки к конкретной профессии, в первую очередь базовый уровень грамотности и навыков работы с числами. Поэтому эти так называемые безвороничковые [16, с. 16] микроработники относятся к относительно низкооплачиваемым категориям.

Онлайн-фриланс (*online freelancing*) — это сектор профессиональных услуг. Их исполнители оказываются в рамках более крупных и трудоёмких проектов с макрозадачами, которые выполняются за более длительный срок, требуют наличия у работников развитых и, соответственно, выше ценящихся компетенций в конкретных областях. Например, в таких, как графический дизайн, программирование, веб-разработка и веб-дизайн, создание мультимедиа, написание технических отчётов, редактирование, перевод текстов на другие языки, исследования и др.

Распространению виртуальной трудовой миграции, опирающемуся на известные преимущества телетруда (возможность более производительного использования времени работника, сбалансированного сочетания им работы с личной и семейной жизнью, экономия работодателей на издержках и т.п.) [20], способствует и целый ряд других обстоятельств. Согласно выдвинутой американским журналистом Т. Фридманом идее “плоского мира”, благодаря Интернету открываются безграничные возможности плодотворного и полноправного взаимодействия людей в мировой экономике в реальном времени [21]. Расширяется доступ населения планеты к глобальному банку предложений работы, которая может выполняться по всему миру, в любом его уголке, подключённом к Сети. Профессионалы могут за-

ниматься более высокооплачиваемым, интересным и перспективным трудом в привычной для них социальной среде, не порывая связей на родине. Выполнение небольших и несложных заданий, не требующих специальных навыков, позволяет держаться на плаву менее образованным и уязвимым слоям, включая частично занятых и безработных, особенно в депрессивных регионах и менее развитых странах [18, 19].

Облегчение доступа работодателей, в том числе представляющих небольшие фирмы, к глобальному пулу талантов и исполнителей, расширение возможностей оперативного выбора наиболее подходящих кандидатов, лучших экспертов на требуемый срок без зачисления их в штат и создания международных команд работников сулит решение кадровых проблем компаний. Использование таких “альтернативных” работников в составе смешанных трудовых коллективов позволяет более рационально распределять задачи между исполнителями и сосредоточивать ресурсы на главных направлениях бизнес-деятельности, что повышает её манёвренность и гибкость [15].

Новый подход к управлению персоналом избавляет работодателей от расходов, связанных с организацией зарубежных филиалов на территориях концентрации одарённых специалистов и высококлассных экспертов или же с оплатой переезда востребованных иностранных работников в страну трудоустройства. Кроме того, подобная практика создаёт условия для усиления культурного разнообразия персонала, которое, как показывают исследования, способствует росту инновационности и производительности труда, а также повышает привлекательность компании в глазах её потенциальных зарубежных сотрудников [22]. Всё это в конечном счёте позитивно сказывается на эффективности и конкурентоспособности бизнес-деятельности.

Таким образом, телемиграция предполагает циркуляцию работников в цифровом пространстве. Она сопряжена с реальными процессами в мировой экономике и осуществляется посредством трансграничной удалённой занятости и международной торговли услугами. Открываемые виртуальной миграцией возможности для работников и работодателей способствуют дальнейшей глобализации рынка труда.

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ МИГРАЦИИ

Из-за отсутствия методологии и отлаженных механизмов сбора данных о виртуальной миграции, усугубляемого дефицитом сведений о контрагентах на платформах цифровизированного труда, большим числом таких платформ, множе-

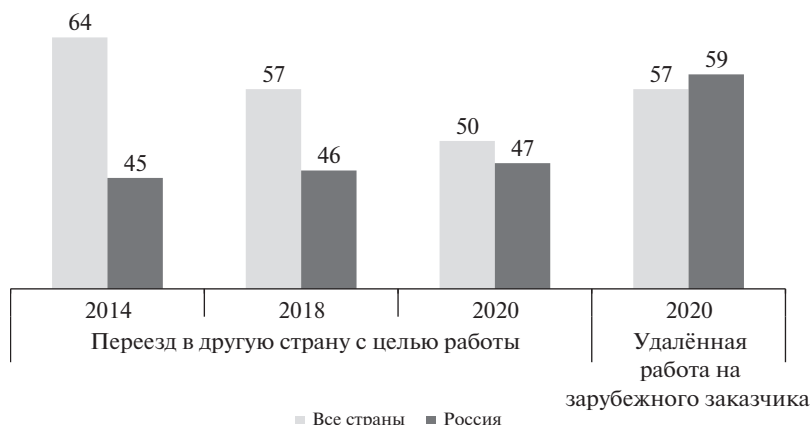
ственностью регистраций пользователей и выполняемых работ, пока нет систематизированной статистики виртуальной миграции. Тем не менее о тенденциях в этой области можно судить по результатам опросов крупных консалтинговых компаний, данным о трансграничной занятости конкретных фирм, числу международных контрактов, заключённых на трудовых платформах, и экспертным оценкам.

Зарубежные исследования позволяют говорить о том, что пока масштабы распространения виртуальной миграции довольно скромные, как и её роль в мировой экономике. Согласно оценкам сотрудников Оксфордского университета, в 2020 г. в мире на платформах онлайн-фриланса были зарегистрированы 163 млн пользователей, из которых когда-либо работали на такой основе 14 млн (в том числе на заказчиков из своей страны) и только 3.3 млн занимались подобной деятельностью активно (заработали по меньшей мере 1 тыс. долл. или выполнили как минимум 10 заданий/проектов) [23]. По разным данным, с помощью цифровых платформ находят работу (в том числе на родине) примерно 1–3% трудоспособных жителей стран Севера [24, р. 32], на Юге гораздо меньше.

В кадровой политике компаний зарубежный аутсорсинг обычно служил лишь дополнением к иммиграции. Как свидетельствуют данные обследований “Manpower Group”, в 2018 г. в качестве средства преодоления дефицита талантов 33% руководителей предприятий назвали иммиграцию, а 16% — аутсорсинг у других компаний и из-за границы [25]. Но при жёстких антиковидных ограничениях мобильности трансграничная удалённая занятость всё чаще становится заменителем иностранного труда в стране заказчика. На это, в частности, указывает массовый перевод на домашний труд маятниковых приграничных мигрантов стран ЕС.

Приведённые в докладе МОТ 2021 г. результаты анализа контрактов в сфере онлайн-фриланса говорят о значительном росте объёмов трансграничной торговли услугами этого типа в 2010-е годы [26]. В долгосрочную стратегию бизнес-деятельности всё органичнее вписывается тенденция к замещению части физической миграции виртуальной. Появились компании, в том числе довольно крупные, которые функционируют в формате полностью удалённой и распределённой деятельности (рассредоточенной в Сети между исполнителями работ [14]). Такой подход к управлению персоналом особенно активно внедряется в ЦТ и ИТ, особенно в разработке программного обеспечения.

Так, более 1.5 тыс. сотрудников компании “GitLab”, занимающейся интеграцией ПО и позиционирующей себя как крупнейшую в мире



**Рис. 1.** Доля лиц, желающих переехать с целью работы в другую страну, и доля лиц, желающих работать на зарубежного заказчика удалённо, %  
Составлено по [22, 27]

полностью удалённую организацию, живут и работают в 66 странах, включая Россию<sup>4</sup>. Порядка 1.8 тыс. занятых в компании “Automatic”, специализирующейся на разработке и обслуживании программного обеспечения веб-сайтов, трудятся удалённо в 90 странах, население которых говорит на 114 языках; в их числе более 10 работников живут в России<sup>5</sup>. В полностью удалённой компании тайм-трекинг-ового ПО “Toggl” команда из более чем 80 человек распределена по более чем 40 странам<sup>6</sup>. Маркетинговая компания “Buffer” представляет собой полностью распределённую команду из 85 человек, работающих удалённо в 15 странах<sup>7</sup>.

Глобальные интернет-опросы, проводимые международной консалтинговой компанией “BCG” примерно в 190 странах и охватывающие порядка 200 тыс. человек, среди которых преобладают люди в возрасте 25–49 лет с дипломом бакалавра или магистра, свидетельствуют об ослаблении намерений физической эмиграции в пользу виртуальной. По результатам этих обследований, в мире в целом доля лиц, желающих переехать за рубеж с целью работы (включая уже трудоустроившихся там), снизилась с 64% в 2014 г. до 57% в 2018 г., а затем — до 50% в 2020 г. (Эмиграционные намерения россиян были не столь сильны и относительно стабильны, вероятно, вследствие санкций западных государств.) В том же ковидном 2020 г. 57% всех опрошенных на планете хотели бы удалённо работать на иностранного заказчика, не являющегося резидентом страны их проживания, что заметно превы-

шало долю лиц, желавших работать за рубежом, физически там находясь (50%) (рис. 1). Удалённая занятость особенно привлекательна для респондентов, имеющих опыт деятельности в области цифровых технологий и аналитики, а также в сферах ИТ и на инженерно-технологическом поприще. Наибольший интерес к трансграничной удалённой работе проявляли жители стран Латинской Америки и Тропической Африки (80–84% опрошенных), сталкивающиеся с серьёзными трудностями при иммиграции в страны Севера (рис. 2).

География потоков виртуальной и реальной миграции фактически совпадает, отражая общность главных движущих сил этих видов мобильности, которая проецирует и воспроизводит глобальную асимметрию по оси Север–Юг. Показательно, что список стран, наиболее привлекающих с точки зрения респондентов “BCG” для трансграничной удалённой работы (США, Австралия, Канада, Германия, Великобритания), практически полностью совпадает с рейтингом центров притяжения физических мигрантов. Главное, что привлекает при выборе страны и заказчика в сценарии полностью удалённой работы, — это размер вознаграждения, содержание работы, надёжность заказчика.

Данные опросов “BCG” соответствуют результатам других исследований. Согласно оценкам американских экономистов, основными реципиентами виртуальных офшорных мигрантов как по числу заключённых работодателями контрактов на платформе *Upwork* в 2015 г., так и объёму выплаченного ими вознаграждения были богатые англоязычные страны: США, Австралия и Великобритания. Рейтинг поставщиков удалённой рабочей силы по числу контрактов возглавляли Филиппины, Индия, Бангладеш, располагающие значительным англоговорящим населением.

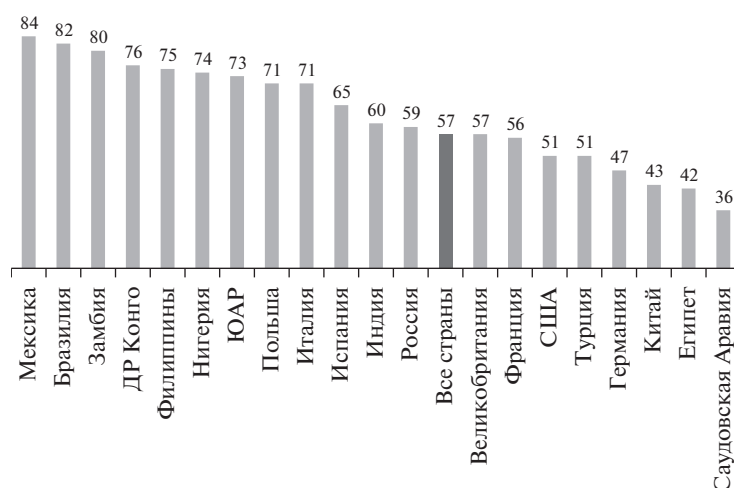
<sup>4</sup> <https://about.gitlab.com/company/team/>

<sup>5</sup> <https://automatic.com/about/>

<sup>6</sup> <https://toggl.com/jobs/>

<sup>7</sup> <https://buffer.com/about>





**Рис. 2.** Доля желающих работать удалённо на заказчика, являющегося резидентом другой страны, среди респондентов, 2020 г., %  
Составлено по [22]

Примечательно, что западные страны включены в трансграничную торговлю услугами одновременно и как продавцы, и как покупатели [28].

Данные Международной организации труда указывают на расширение географии виртуальной миграции в 2010-е годы при неизменности магистральных направлений потоков из более бедных в более богатые страны [26]. Это подтверждают оценки сотрудников Оксфордского университета: в 2020 г. 41% мирового спроса на онлайн-труд фрилансеров приходился на США, 8% — на Великобританию, 16% — на остальные страны Европы (в первую очередь Германию), 6% — на Индию, 3% — на всю Африку [29]. Наиболее крупными донорами телемигрантов остаются страны Южной и Восточной Азии, которые располагают развитой ИКТ-инфраструктурой и массовыми когортами работников, обладающих требуемой квалификацией и знанием иностранных языков [26]<sup>8</sup>, хотя немало таких специалистов имеется и в регионах Севера. По расчётам Р. Болдуина на основе данных о числе лиц, искавших работу в ноябре—декабре 2020 г. на трудовых онлайн-платформах, среди этой категории пользователей площадки *Freelancer* на Индию приходилось 25.5%, Бангладеш — 19.1, Пакистан — 11.7, РФ — 3.6, Украину — 2.7. На бирже *Upwork* США

формировали 23.4% предложения удалённого труда, Украина — 15.9, Филиппины — 4.9, Россия — 4.8, Индия — 4.7% [30, р. 23]. При этом существует и страновая специализация виртуальных мигрантов на тех или иных занятиях: например, индийских — на разработке ПО и ведении бизнес-процессов, британских — на бухгалтерском учёте и аудите, юридических и консалтинговых услугах, стран Тропической Африки — на вводе данных и переводе [17]. Таким образом, нынешние потоки виртуальных мигрантов отражают новое разделение труда, формирующееся в киберпространстве.

Хотя в сфере виртуальной занятости и онлайн-торговли услугами доминирует англоязычный сегмент в силу ведущей роли английского языка как лингва франка, особенно в Интернете, развиваются также рынки, функционирующие на основе китайского, арабского, испанского и русского языков. Согласно оценкам *Upwork* и других источников, Россия входит в число стран с наиболее динамично расширяющейся деятельностью отечественных платформ цифровизированного труда и ростом клиентских рынков онлайн-аутсорсинга национальных компаний. В русле мировых трендов в русскоязычном интернет-пространстве выделяются два сегмента онлайн-занятости — фриланс и микротруд.

На российском рынке удалённого фриланса действуют как площадки общей направленности — *FL.ru* (в 2019 г. число пользователей 1.5 млн), *Kwork.ru* (1.5 млн) и др., так и специализированные порталы, например в области копирайта [31]. В 2018 г. в этом сегменте цифровизированного труда среднего и высшего уровня квалификации были представлены заказчики и исполнители из более чем 100 стран, в первую очередь из России, Украины, Белоруссии и Казахстана; свыше 38%

<sup>8</sup> Весьма показателен пример Филиппин: в 2016 г. выполнение работ в формате онлайн-аутсорсинга приносило доходы в размере 7% ВВП (по сравнению с ничтожными размерами в 2000 г.), в него было вовлечено 1.1 млн работников (рост занятости на 1000% в сопоставлении с 2000 г.), а их заработки вдвое превышали национальный уровень в соответствующих видах деятельности. Согласно исследованию компании онлайн-платежей «PayPal» 2018 г., 60% филиппинских фрилансеров в сфере услуг работали на США [цит. по: 10, р. 20].

всех контрактов, сформированных на платформе *FL.ru*, были заключены между работниками и работодателями из разных стран [32, р. 36]. Острота структурных диспропорций современных рынков труда способствует росту востребованности подобных ресурсов и соответственно числа их пользователей.

Среди отечественных информационных ресурсов в области микроразрядов выделяется *tolo-ka.yandex.ru* (в 2019 г. 4 млн пользователей, в том числе с Украины, из Белоруссии, Казахстана и Узбекистана). Они доступны людям, обладающим базовыми навыками в области ИКТ и знающим в том или ином объёме русский язык при отсутствии специальной квалификации. В силу распространения технологий искусственного интеллекта (ИИ), роста популярности крауд-маркетинга, продвижения продуктов в социальных сетях потребности российских компаний в более дешёвых проектных зарубежных исполнителях, вероятно, будут увеличиваться.

Хотя виртуальные и физические потоки могут существовать как дополняющие друг друга элементы в параллельных пространствах, в условиях пандемии телемиграция всё чаще выступает в роли субститута, протекая в альтернативном пространстве. Распространение виртуальной миграции, даже в англоязычном сегменте, пока невелико, однако стремительное расширение глобальной сферы цифровизированного труда указывает на рост её масштабов.

### ПРОБЛЕМЫ ВИРТУАЛЬНОЙ МИГРАЦИИ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

В соответствии с прогнозами разных организаций и учёных ожидается дальнейшее расширение телемиграции. Американский исследователь У. Митчелл в начале второго десятилетия XXI в., ещё до пандемии, предвидел умножение цифровых кочевников и других категорий телеработников по мере развития и распространения информационных технологий [33].

Важную роль в развитии виртуальной миграции может сыграть совершенствование машинного перевода и развитие переводческих платформ на основе ИИ, которые не только снизят стоимость переводческих услуг, но и уменьшат препятствия взаимодействию между говорящими на разных языках людьми. С цифровизацией экономики и активизацией использования в ближайшие десятилетия так называемого удалённого интеллекта (УИ), предполагающего удалённое управление работой (теле)роботов, в том числе из-за границы, связывается расширение в перспективе дистанционного оказания разнообразных услуг. Примером могут служить управление производственными процессами, погрузочно-

разгрузочными и транспортными средствами, проведение спасательных и иных операций с использованием беспилотных летательных аппаратов, обслуживание и ремонт бытовой техники, телехирургия, уход за пациентами и пожилыми, уборка номеров в гостиницах, стрижка газонов [10, р. 7]. В замещении телеработниками части мало-квалифицированных иностранных работников и ограничении физической миграции последних видятся возможности сдерживания ксенофобии и социокультурных противоречий в принимающих странах [34].

В то же время развитие виртуальной миграции сопряжено с рядом реальных ограничений, противоречащих идее “плоского мира”. Оно сталкивается с барьерами на планетарном рынке цифровизированной работы, возможности которой на практике отнюдь не безграничны [19], и порождает серьёзные социальные вызовы.

Первое. Виртуализация миграции имеет технико-технологические пределы, отражающие общий уровень социально-экономического развития и профессиональную структуру занятости. Эти границы задаются возможностями перевода труда в удалённый онлайн-формат. Согласно оценкам экспертов МОТ и других исследователей, в мире в целом только 18% работников занимаются трудовой деятельностью, которую можно осуществлять в телережиме. В странах с высоким уровнем дохода доля такой категории лиц достигает 27%, а с низким — всего 12%. Этот показатель составляет 34–37% в США, 31 — в Швеции и Великобритании, 29 — в Германии, 28 — во Франции, 25 — в Испании, 24 — в Италии и лишь 6% в странах Тропической Африки. Наиболее широкими возможностями дистанционной занятости располагают профессионалы, занимающиеся интеллектуальной деятельностью, наименьшими — работники физического труда и низкой квалификации [35, 36]. Это сказывается на различной вовлечённости отдельных социальных групп в виртуальную миграцию и крене профессионального состава последней в сторону специалистов.

Второе. Телемиграции из менее развитых регионов, особенно из Африки, препятствует дефицит квалификации и языковых навыков работников (при несовершенстве современного машинного перевода), недостаточный уровень развития инфраструктуры для качественного выполнения работ.

Третье. При существенных национальных различиях в области трудовых отношений, налогообложения и социального обеспечения пока не сформированы единые международные правила и механизмы регулирования виртуальной миграции, что привносит стихийность в этот процесс, ограничивает его управляемость. Вследствие законодательных лакунов и дефицита контроля циф-



ровые работники, подобно недокументированным физическим мигрантам, страдают от отсутствия многих государственных социальных гарантий и обязательств работодателей (например, касающихся профессионального развития работников) [19]. И в целом — от рекоммодификации рабочей силы в сегменте онлайн-труда (после ряда десятилетий её декоммодификации на всём рынке труда)<sup>9</sup>.

Кроме того, исполнители нередко сталкиваются со случаями необоснованного отказа в приёме выполненной работы, невыплаты вознаграждения и т.п.<sup>10</sup> А компании, в свою очередь, испытывают сложности с налоговой и иной отчётностью.

Червёртое. Платформенные работодатели предпочитают нанимать сограждан, а в случае привлечения иностранцев отдают предпочтение выходцам из стран с близкими языками и культурой во избежание проблем, связанных с межкультурными коммуникациями. Они также выбирают кандидатов из географически близких государств, о которых располагают большей информацией. Это порождает разные виды дискриминации работников из бедных стран [38]. Сегрегации платформенных работников способствуют избыток их предложения и высокая конкуренция на глобальном рынке труда, ограниченные возможности их торга с работодателем. Всё это в большей мере касается сферы микротруда [19], что ограничивает потенциал виртуальной миграции в улучшении положения уязвимых слоёв и развитии отстающих территорий.

Пятое. Телемиграция “облачных талантов”, как и физическая миграция, несёт определённые угрозы занятости высококвалифицированных специалистов в развитых регионах мира и способна стать фактором усиления недовольства местного населения. В условиях напряжённых рынков рабочей силы принимающих стран требуется упорядочение использования онлайн-труда работников за рубежом, внесение законодательных изменений, касающихся возможного

введения разрешений на трансграничное предоставление услуг по аналогии с иммиграционными.

Шестое. Децентрализация бизнес-деятельности по странам в разных часовых поясах (например, компания “Toggl” действует в 19 часовых поясах, “Buffer” — в 10) сопряжена с организационными сложностями, иногда угрожающими временной парализацией работы, нередко оборачивается для сотрудников необходимостью работать в ночные часы.

Седьмое. При передаче данных через государственные границы может возникать угроза информационной безопасности.

Восьмое. Поскольку нет чётких правил и оптимальных механизмов, регулирующих заработки офшорных онлайн-работников, выплату и перевод им вознаграждения, немалая часть виртуальных мигрантов оказывается в невыгодных и некомфортных условиях. Некоторые платформы, например *Upwork* и *Fiverr*, предоставляют сервисы проведения платежей, а также налоговой отчётности, арбитража в случае споров, взимая за это с фрилансеров 15–20% их вознаграждения.

В то же время немалая часть из указанных препятствий не относится к числу непреодолимых. Национальное законодательство актуализируется применительно к удалённой, в том числе платформенной занятости. В пандемийные годы Германия, Швейцария, Франция, Австрия, Люксембург и Бельгия приняли специальные налоговые документы, в соответствии с которыми работа на дому в интересах зарубежного заказчика, выполняемая в стране проживания из-за антиковидных ограничений, приравнивается к труду в стране работодателя, регулируемому принятыми в ЕС правилами. При этом на трансграничную удалённую занятость на дому допускалось выделять до 25% рабочего времени по контракту с иностранным нанимателем [39]. Однако пока отсутствуют правила налогообложения удалённой трудовой деятельности, осуществляемой в третьей стране (например, в заграничном доме или же в условиях “застрешивания” за рубежом) [40].

МОТ добивается соблюдения ранее принятых норм, которые применимы к современным условиям удалённой занятости. В 2020 г. Всемирный экономический форум принял Хартию принципов хорошей работы платформ. Компании стремятся обеспечить условия для нормального графика работы в разных часовых поясах. Например, совещания устраиваются в совпадающие интервалы рабочего времени. В случаях, когда предпочтительнее асинхронная коммуникация, “Git-Lab”, например, вносит текущие сведения о совершаемых операциях и принимаемых решениях в сетевые информационные материалы для сотрудников. Имея в виду страновые различия в культурных основаниях экономической деятель-

<sup>9</sup> Декоммодификация рабочей силы — понижение роли заработной платы в воспроизводстве рабочей силы через наращивание госфинансирования социальных услуг (здравоохранение, образование, социальное страхование и др.), их выведение за пределы рыночного распределения жизненных благ. Рекоммодификация рабочей силы — процесс обратный декоммодификации. О концепции растоваривания рабочей силы см. [37, с. 86–88].

<sup>10</sup> Хотя Россия считается одной из наиболее продвинутых стран в регулировании удалённой занятости (положения о которой были внесены в Трудовой кодекс РФ в 2013 г.), отношения по контрактам (если таковые заключаются) на платформах пока остаются вне поля регулирования трудовых отношений. Не регламентированы гарантии и стандарты в сфере труда и социального обеспечения, ответственность сторон за невыполнение обязательств по контракту и др.

ности, компании создают условия для плавного вхождения в коллектив представителей разных культур. В этих целях “Automattic” практикует продолжительный испытательный срок по временному контракту перед наймом работника, “GitLab” использует дружелюбные интерфейсы для погружения кандидата в корпоративную культуру. Урегулированию проблем информационной безопасности призвано способствовать обучение компаниями работников правилам определённой страны, касающимся работы с данными. При установлении размеров вознаграждения за труд “Automattic” стремится платить всем сотрудникам в соответствии с занимаемой должностью независимо от страны нахождения [22].

Увеличению контингентов виртуальных мигрантов способствуют создание крупных национальных площадок онлайн-труда, обеспечение платформенным работникам социальной защиты, а порой и налоговых льгот. Например, в Бангладеш от налогов освобождаются заработки занятых в рамках онлайн-аутсорсинга, в Малайзии — доходы от надомного труда. Для продвижения трансграничной деятельности трудовых платформ, в частности российских в постсоветских странах, требуются комплексные меры. Необходимы информационные и рекламные кампании, распространение успешных практик и личных примеров фрилансеров, работающих на российских платформах. В рамках межгосударственных консультаций и соглашений со странами СНГ напрашивается увязка вопросов миграции и аутсорсинга специалистов в рамках более широкого подхода к миграционной политике, предполагающего выгоды для всех участников, расширение практики обучения в процессе работы малоквалифицированных исполнителей, создание механизмов для перевода платежей на льготных условиях.

Заслуживает внимания практика растущего числа государств, в том числе в Европе (Германия, Исландия, Испания, Норвегия, Португалия, Хорватия, Чехия, Эстония и др.), Карибском бассейне и других регионах в области привлечения цифровых кочевников. Эти государства, обладающие благоприятной экосистемой для дистанционной работы на заказчиков из третьих стран и близко расположенные к основным клиентским странам, ввели специальные визы, предполагающие упрощение административных процедур, связанных с профессиональной деятельностью иностранных высококвалифицированных цифровых работников, а порой и предоставление последним налоговых льгот.

\* \* \*

Распространение виртуальной циркуляции рабочей силы как новой формы глобальной мо-

бильности, частично замещающей некоторые физические потоки, органично вписывается в концепцию миграционного перехода. Своим возникновением и развитием этот глобальный процесс обязан многоплановым цифровым трансформациям, в первую очередь в производственной деятельности, на рынке труда и в торговле услугами. Хотя масштабы виртуальной миграции пока скромны, её интенсивное развитие указывает на перспективы заметного усиления этого явления.

В условиях антиковидных ограничений мобильности телемиграция превратилась в ресурс, который востребован как работниками, ориентированными на выполнение проектов для зарубежных заказчиков, так и работодателями, нуждающимися в иностранных кадрах. Неся блага участникам, виртуальная миграция одновременно заостряет хронические дисбалансы и порождает новые источники социальной дифференциации и напряжённости. В том числе между: платформенными работодателями и работниками, особенно с Юга; виртуальными мигрантами и физическими работниками; лицами, занятыми в разных сегментах и территориальных пространствах цифровизированного труда.

Таким образом, расширение виртуальной миграции сопряжено как с немалыми ограничениями и серьёзными вызовами, так и перспективами оптимизации рынка труда в новых условиях. Предпринимаемые на разных уровнях усилия по введению телемиграции в регулируемое русло позволяют рассчитывать на её дальнейшее развитие в рамках более благоприятных сценариев.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Цапенко И.П. Трансграничная мобильность населения: обновление формата // Вестник РАН. 2018. № 11. С. 992–1002; Tsapenko I.P. Cross-Border Mobility: Updating the Format // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2018. № 5. P. 369–378.
2. Zelinsky W. The Hypothesis of the Mobility Transition // Geographical Review. 1971. № 61 (2). P. 219–249.
3. De Haas H. Migration Transitions: A theoretical and empirical inquiry into the developmental drivers of international migration // IMI Working Paper. 2010. № 24. P. 1–15.
4. Вишневский А.Г. Глобальный миграционный переход: ретроспектива и перспектива // Доклад на конференции “Миграция: новые тенденции и направления”. 26–27 октября 2017 г. М.: НИУ ВШЭ, 2017.  
[https://isp.hse.ru/data/2017/11/02/1158432012/Вишневский\\_Глобальный%20миграционный%20переход.ppt](https://isp.hse.ru/data/2017/11/02/1158432012/Вишневский_Глобальный%20миграционный%20переход.ppt)
5. Aneesh A. Virtual Migration: The Programming of Globalization. Durham: Duke University Press, 2006.
6. Makimoto T., Manners D. Digital Nomad. New York: Wiley, 1997.

7. Арпентьева М. Современные трансграничные миграции и цифровой номадизм // От века бронзового до века цифрового: феномен миграции во времени. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2018. С. 64–76.
8. Куржелева-Саган И.П. Общие контуры онтологии образования в эпоху нового кочевничества // Научно-педагогическое обозрение. 2020. № 29 (1). С. 200–213.
9. Глущенко Г.И. Развитие виртуальной миграции в контексте цифровизации // ДЕМИС. Демографические исследования. 2021. № 2. С. 57–64.
10. Baldwin R., Forslid R. Globotics and Development: When Manufacturing is Jobless and Services are Tradable // NBER Working Paper. 2020. № 26731. P. 1–42.
11. Садовая Е.С., Сауткина В.А., Зенков А.Р. Формирование новой социальной реальности: технологические вызовы. М.: ИМЭМО РАН, 2019.
12. Атлас новых профессий 3.0. / Под ред. Д. Варламовой, Д. Судакова. М.: Интеллектуальная литература, 2020.
13. Manpower Group Employment Outlook Survey. 2021. Q4. [https://go.manpowergroup.com/hubfs/MPG\\_MEOS\\_Q4\\_2021\\_Global\\_Report.pdf](https://go.manpowergroup.com/hubfs/MPG_MEOS_Q4_2021_Global_Report.pdf)
14. Thomas T., Ray K. Online outsourcing and the future of work // Journal of Global Responsibility. 2019. № 10 (3). P. 226–238.
15. Kuek S. et al. The Global Opportunity in Online Outsourcing. Washington, DC: World Bank, 2015.
16. Садовая Е. Социальные вызовы цифровой экономики: Россия в глобальном контексте // Мировая экономика и международные отношения. 2021. № 65 (9). С. 14–24.
17. Сауткина В.А. Международный рынок фриланса: перспективы развития // Анализ и прогноз. Журнал ИМЭМО РАН. 2020. № 3. С. 35–43.
18. Graham M., Hjorth I., Lehdonvirta V. Digital labour and development: Impacts of global digital labour platforms and the gig economy on worker livelihoods // Transfer: European Review of Labour and Research. 2017. № 23. P. 135–162. <https://doi.org/10.1177/1024258916687250>
19. Graham M., Anwar M. The global gig economy: Towards a planetary labour market? // First Monday. 2019. № 24 (4). <https://doi.org/https://doi.org/10.5210/fm.v24i4.9913> <https://doi.org/10.5210/fm.v24i4.9913>
20. Гусев А.Б., Юревич М.А. Глобализация занятости на фоне пандемии COVID-19 // Вестник МГИМО-университета. 2021. № 14 (1). С. 148–173.
21. Фридман Т. Плоский мир. Краткая история XXI века. М.: АСТ, 2006.
22. Kovács-Ondrejko O. et al. Decoding Global Talent 2021. Onsite and Virtual. BCG, March 2021. <https://web-assets.bcg.com/cf/76/00bde345b09397d1269119e6f1/bcg-decoding-global-talent-onsite-and-virtual-mar-2021-rr.pdf>
23. Kassi O., Lehdonvirta V., Stephany F. How many online workers are there in the world? A data-driven assessment. [ver.4] // Open Research Europe. 2021. № 53(1). P. 1–27. <https://doi.org/10.12688/openreseurope.13639.4>
24. Schwellnus C. et al. GIG Economy Platforms: Boon Or Bane? // Economics Department Working Papers. 2019. № 1550. P. 1–33. <https://www.oecd-ilibrary.org/deliver/fdb0570b-en.pdf?itemId=%2Fcontent%2Fpaper%2Ffdb0570b-en&mimeType=pdf>
25. Solving the Talent Shortage. Build, Buy, Borrow and Bridge. Talent Shortage Survey 2018. Manpower Group. 2018. [https://go.manpowergroup.com/hubfs/TalentShortage%202018%20\(Global\)%20Assets/PDFs/MG\\_TalentShortage2018\\_lo%206\\_25\\_18\\_FINAL.pdf](https://go.manpowergroup.com/hubfs/TalentShortage%202018%20(Global)%20Assets/PDFs/MG_TalentShortage2018_lo%206_25_18_FINAL.pdf)
26. World Employment and Social Outlook 2021: The role of digital labour platforms in transforming the world of work. Geneva: ILO, 2021.
27. Strack R. et al. Decoding Global Talent 2018. Russia Faces a Talent Conundrum. BCG, JUNE, 2018. <https://www.bcg.com/publications/2018/russia-faces-talent-conundrum-global-talent>
28. Horton J., Kerr W., Stanton Ch. Digital Labor Markets and Global Talent Flows // NBER Working Paper. 2017. № 23398. P. 1–42. <http://www.nber.org/papers/w23398>
29. Stephany F. et al. Distancing Bonus Or Downscaling Loss? The Changing Livelihood of US Online Workers in Times of COVID–19// Tijdschrift voor economische en sociale geografie. 2020. № 111 (3). P. 561–573. <http://doi.org/10.1111/tesg.12455>
30. Baldwin R., Cárdenas J., Fernández C. Telemigration and digitally enabled service exports: opportunities for Colombia. TASC, 2021. <https://repository.graduateinstitute.ch/record/299035>
31. Shevchuk A., Strebkov D. Freelance platform work in the Russian Federation: 2009–2019 // ILO Working Paper. 2021. № 38. P. 1–59.
32. Shevchuk A., Strebkov D., Tyulyupo A. The Geography of the Digital Freelance Economy in Russia and Beyond // Topologies of Digital Work: How Digitisation and Virtualisation Shape Working Spaces and Places / Ed. by M. Will-Zocholl and C. Roth-Ebner. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2021. P. 19–50.
33. Мутчелл У. Дж. Я++: Человек, Город, Сети. М.: Стелка Press, 2012.
34. Towards 2035 – Strategic Foresight (Making Migration and Integration Policies Future Ready). OECD, 2020. <https://www.oecd.org/migration/mig/migration-strategic-foresight.pdf>
35. Baldwin R., Dingel J. Telemigration and development: On the offshorability of teleworkable jobs // NBER Working Paper. 2021. № 29387. P. 1–24.
36. Working from Home: Estimating the worldwide potential. ILO brief. 2020, April. [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---travel/documents/briefingnote/wcms\\_743447.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---travel/documents/briefingnote/wcms_743447.pdf)
37. Гришин И. Шведская модель общественного развития: дихотомия рынок–политика // Мировая экономика и международные отношения. 2005. № 11. С. 86–95.
38. Lehdonvirta V. et al. The global platform economy: A new offshoring institution enabling emerging economy microproviders // Journal of Management. 2019. № 45. P. 567–599. <https://doi.org/10.1177/0149206318786781>
39. Medeiros E. et al. Covidfencing Effects on Cross-Border Deterritorialism: the Case of Europe // European Planning Studies. 2020. № 29 (5). P. 962–982.
40. Günzel S. When cross-border workers are working from home. 20.07.2021. <https://www.ebnerstolz.de/en/coronavirus-border-crosser-home-office-328729.html>

## ФИЛОГЕНЕЗ МИКРОБА ЧУМЫ *YERSINIA PESTIS*: УНИКАЛЬНОСТЬ ЭВОЛЮЦИОННОЙ МОДЕЛИ

© 2022 г. В. В. Сунцов<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup>Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия

\*E-mail: vvsuntsov@rambler.ru

Поступила в редакцию 20.04.2022 г.

После доработки 27.05.2022 г.

Принята к публикации 05.06.2022 г.

Возбудитель чумы — микроб *Yersinia pestis* — передаётся через укусы блох и поэтому занимает уникальное положение в семействе кишечных бактерий *Enterobacteriaceae*. Сложились два подхода к выяснению его происхождения и эволюции (филогении) — молекулярно-генетический (МГ) и экологический (ЭКО), которые базируются на разных эволюционных моделях и приводят к радикально различающимся выводам. МГ-подход прокламирует сальтационный принцип формирования этого патогена из клона псевдотуберкулёзного микроба *Y. pseudotuberculosis* 0:1b — возбудителя дальневосточной скарлатиноподобной лихорадки (ДСЛ) — путём встраивания, инактиваций, делеций и, реже, рекомбинаций генов и генетических структур, при этом в качестве базовой эволюционной модели принимает модель нейтральной эволюции нуклеотидных признаков-маркеров. Детали видообразовательного процесса МГ-подход не раскрывает. Согласно эволюционной ЭКО-модели, возбудитель чумы сформировался в процессе постепенных популяционно-генетических преобразований почти одновременно в трёх географических популяциях монгольского сурка (*Marmota sibirica*) из трёх различных клонов (популяций) возбудителя ДСЛ на Хэнтэе, Хангае и в Хархира-Тургенском горном массиве (Монголия). Триггером видообразовательного процесса послужил известный абиотический фактор — последнее (сартанское) максимальное похолодание климата в Центральной Азии 22–15 тыс. лет назад, вызвавшее глубокое промерзание грунта и изменение поведения блохи сурков *Oropsylla silantiewi*, которое, в свою очередь, привело к аберрантному травматическому заражению ДСЛ популяций монгольского сурка. Экологические факторы предписывают *Y. pestis* создание уникальной эволюционной модели.

**Ключевые слова:** *Yersinia pseudotuberculosis*, *Yersinia pestis*, *Marmota sibirica*, *Oropsylla silantiewi*, филогенез, видообразование, эволюционная модель.

DOI: 10.31857/S0869587322090092

Проблема возникновения и эволюции возбудителей инфекционных болезней остаётся одной из наиболее актуальных в современной инфектологии. Знание эволюционных механизмов имеет

важное прагматическое значение для обеспечения контроля болезней, лечения, профилактики и прогнозирования возможных вспышек и эпидемий.



СУНЦОВ Виктор Васильевич — доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник ИПЭЭ РАН.

В последние полтора-два десятка лет при изучении возбудителей болезней, в том числе печально известной чумы, широко внедряются молекулярно-генетические (МГ) методы, которые во многих отношениях стали доминирующими. Современные МГ-методы изучения возбудителя чумы — микроба *Yersinia pestis* — сделали его диагностику по генетическим и молекулярным признакам в полной мере совершенной, позволяют охарактеризовать как конкретные генотипы (штаммы, клоны), так и геном вида *Y. pestis* в целом и его отдельные геноварианты (популяции/подвиды) [1–4]. К настоящему времени по

биохимическим, генетическим и молекулярным признакам идентифицированы геноварианты возбудителя из большого числа природных очагов мира [5]. Расширяется исследование “археологической” ДНК, извлекаемой из останков (костей, зубов) жертв минувших пандемий [6, 7].

Сравнительный анализ современных и археологических геновариантов позволил предпринять попытку реконструкции всемирной истории интересующего нас инфекционного агента — его филогении и филогеографии [5–10]. Однако выводы МГ-филогенетических исследований пока вызывают оправданные сомнения, так как не поддаются интерпретации в соответствии с положениями синтетической теории эволюции и противоречат многочисленным фактам, представленным классическими естественно-научными направлениями — экологией, эпизоотологией, биогеографией, палеонтологией [11]. Несмотря на большое число созданных филогенетических схем, МГ-подход не даёт достоверного ответа на тривиальные вопросы: когда, где, каким образом и при каких условиях прошло формирование возбудителя чумы как вида *Y. pestis*. Одной из главных причин, вызывающих непреодолимые трудности в экологической и исторической интерпретации выводов МГ-подхода, помимо игнорирования классических данных и методических ошибок (например, некорректный выбор референтного штамма и/или внешней группы), видится использование для МГ-реконструкции возбудителя чумы неадекватной эволюционной модели, на основе которой проводится филогенетический анализ выбранных признаков (маркёров) [12]. Адекватная модель может быть разработана только путём интеграции всесторонних знаний о возбудителе чумы и его непосредственном предке — псевдотуберкулёзном микробе *Y. pseudotuberculosis* 0:1b (семейство *Enterobacteriaceae*), или, точнее, возбудителе дальневосточной скарлатиноподобной лихорадки (ДСЛ) [13].

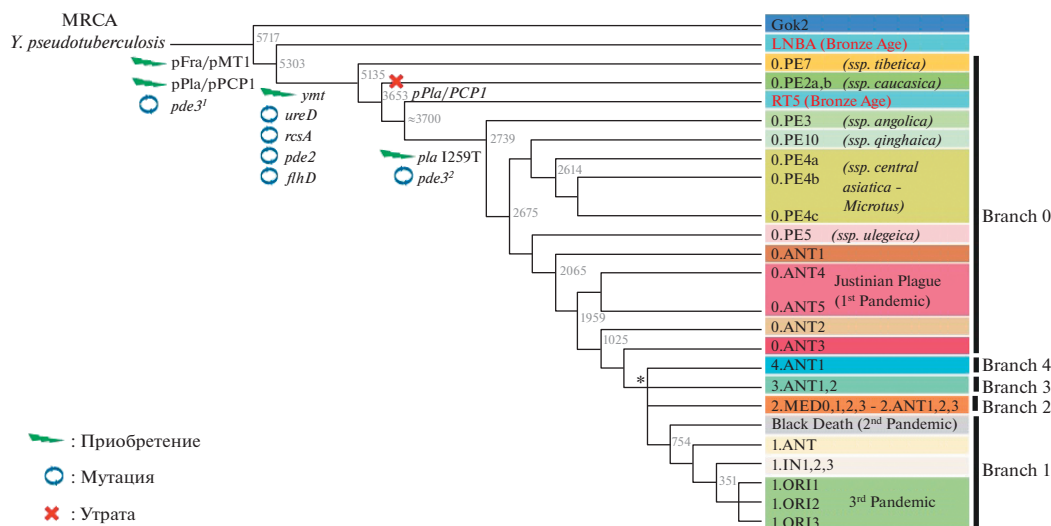
**Классическая модель видообразования *Y. pestis*.** Согласно положениям классической версии теории природной очаговости чумы, вполне оформившейся к началу второй половины XX в., чуму считали очень древней инфекцией, возникшей в процессе коэволюции норových грызунов (*Rodentia*), паразитирующих на них блох (*Siphonaptera*) и неких свободноживущих микроорганизмов или паразитических кишечных бактерий. Исходный хозяин возбудителя чумы не известен, предпочтение отдавали суркам (*Marmotini*) или песчанкам (*Gerbillidae*). Время возникновения возбудителя относили к широкому временному диапазону — олигоцену—плиоцену, от 30 до 5 млн лет назад. Местом происхождения считали или аридные районы Старого Света — родину песчанок, или Северную Америку — родину сурков. Широкое распространение очагов чумы в Старом и Новом

свете связывали с древними межконтинентальными миграциями норových грызунов — хозяев инфекции по сухопутным мостам — Берингийскому, Синайскому и Панамскому, периодически возникавшим в геологической истории. В настоящее время некоторые положения этой теории или полностью отвергнуты, или претерпели значительные изменения.

**МГ-модель видообразования *Y. pestis*.** В последние два-три десятилетия в медико-биологическую науку стала интенсивно внедряться МГ-методология исследований. В филогенетике возбудителей инфекционных болезней МГ-модели имеют две относительно самостоятельные составляющие: генетическую, имеющую отношение к *адаптивным* признакам, и молекулярную, относящуюся к *филогенетическим* признакам. В реконструкции филогении *Y. pestis* молекулярная модель стала базовой, задающей топологию филогенетического дерева, а генетическая — дополняющей её, придающей ей некоторое биологическое содержание и адаптационные детали.

Благодаря внедрению МГ-методологии в исследование возбудителя чумы удалось сделать два краеугольных открытия. Во-первых, изучением О-антигена было надёжно показано, что его прямым предком является возбудитель ДСЛ [14]. Таким образом, введение в филогенетику вида *Y. pestis* концепции внешней группы, которой оперирует МГ-методология для фиксации предковой формы, оказалось избыточным. Изучен регион доминантного распространения ДСЛ — обширные холодные пространства Северной Азии, Сибири, Дальнего Востока, Центральной Азии, она встречается в Японии и редко в Канаде [15, 16]. Был сформулирован *первый базовый тезис*: исходная популяция *Y. pestis* дивергировала от клона (популяции) *Y. pseudotuberculosis* 0:1b в некотором холодном регионе Азии.

Во-вторых, вопреки положениям классической теории природной очаговости чумы о геологической древности возбудителя, молекулярными методами была показана его эволюционная молодость: дивергенция исходной популяции чумного микроба от анцестрального клона ДСЛ имела место не ранее 30 тыс. лет назад [8–10]. Стал бесспорным *второй базовый тезис*: виновник чумы возник в конце плейстоцена или в голоцене в холодных районах Азии и естественным образом распространился только в Евразии, а на Африканский материк и в Новый Свет проник много позднее из-за хозяйственно-экономической деятельности человека. Здесь уместно отметить важный факт: рубеж плейстоцена и голоцена в Азии характеризовался максимальным (сартанским) похолоданием, наступившим 22–15 тыс. лет назад. В это время в Монголии впервые за последние десятки миллионов лет среднегодовая



**Рис. 1.** Типичное филогенетическое дерево *Yersinia pestis* [21], топология которого задана статистическим анализом SNP-признаков

Генетические изменения (встраивание, делеции, инактивации генов) отчасти насыщают филогенетическую схему биологическим содержанием

температура воздуха опустилась до  $-6^{\circ}\text{C}$ , грунт стал промерзать на глубину более 3 м, граница вечной мерзлоты проникла на юг до пустыни Гоби и достигла  $42^{\circ}$  с.ш., полностью охватив ареал монгольского сурка (*Marmota sibirica*) [17]. Как мы увидим ниже, похолодание в Азии, вызвавшее определённые эволюционные сдвиги в центральноазиатских биогеоценозах, должно было стать важным абиотическим компонентом эволюционной модели *Y. pestis*.

К сожалению, наряду с названными очевидными достижениями МГ-подход включает крайне деструктивную позицию — прокламирует сальтационное преобразование клона возбудителя ДСЛ в возбудителя чумы несколькими одномоментными генетическими актами — встраиванием в псевдотуберкулёзную клетку путём горизонтального переноса генов (ГПГ) из внешней среды или от других микроорганизмов сложных генетических структур — полифункциональных плазмид рFra и рPst, кодирующих специфические только для чумного микроба функции вирулентности, трансмиссии и коммуникации и острова высокой патогенности (HPI). При этом признаётся, что в геноме чумного микроба, в сравнении с псевдотуберкулёзным, произошли многочисленные и радикальные перестройки, вызвавшие изменения глубинных метаболических процессов, таких как обмен железа и кислорода [18, 19], что не согласуется с сальтационистскими взглядами.

В качестве базовой эволюционной МГ-модели, задающей топологию филогенетического дерева *Y. pestis*, принимают модель нейтральной эволюции, в соответствии с которой проводят

статистический анализ нейтральных молекулярных признаков-маркеров (IS, DFR, VNTR, SNP, CRISPR и др.) [2–5]. Модель предполагает сначала возникновение из клона ДСЛ абстрактного общего предка MRCA (most recent common ancestor) [8, 20, 21], при этом гостально-векторная среда обитания и популяционные характеристики MRCA не обсуждаются. Безликий MRCA охарактеризован только статистически признаками-маркерами, не детерминированными функционально (экологическими функциями) (рис. 1). Остаётся непонятным, можно ли относить MRCA к уже состоявшемуся виду *Y. pestis* или это пока ещё переходная форма *Y. pseudotuberculosis* / *Y. pestis*. Таким образом, МГ-подход на филогенетическом дереве *Y. pestis* чётко фиксирует анцестральный вид, но уникальные особенности видообразовательного процесса не раскрывает, априори принимая всё внутривидовое разнообразие *Y. pestis* в качестве монофилетической (голофилетической) группы, исходящей из безликого единого предка MRCA.

Полагают, что MRCA стал основателем наиболее древних “археологических” форм Gok2 (Готем, Швеция), LNBA (поздний неолит, бронзовый век, Европа–Азия) и других, существовавших в позднем неолите и бронзовом веке и охарактеризованных по фрагментам ДНК, извлечённым из останков человеческих жертв древних пандемий [6, 7, 21–23]. Фрагменты ДНК по нуклеотидной структуре оказались близкими к гомологичным генным структурам возбудителя псевдотуберкулёза 1-го серотипа и возбудителя чумы, относящегося к биовару Pestoides, циркулирую-



щего в популяциях полёвок (*Microtina*) и монгольской пищухи (*Ochotona pallasi pricei*). Поэтому образцы “археологической” ДНК помещены в корень филогенетического дерева *Y. pestis*. В современных природных очагах чумы “археологические” ДНК-маркеры не выявлены. Отсюда пошло мнение, что древние возбудители чумы вымерли по неизвестным причинам, эволюционные процессы их формирования из MRCA не ясны. Таким образом, в МГ-подходе предполагается наличие объективных трудностей в выборе адекватной эволюционной модели.

Среди ныне существующих геновариантов, согласно молекулярным выводам, базальные позиции на филогенетическом дереве *Y. pestis* занимают геноварианты кластера 0.PE, образованного возбудителями биовара *Pestoides*, который включает штаммы, вирулентные для *Microtina*, но не вирулентные или слабовирулентные для сусликов, сурков, песчанок и человека. Набор активных генов у этих геновариантов богаче, чем у археологических находок [22, 24], что, казалось бы, соответствует идее о происхождении биовара *Pestoides* от археологических форм. На основании описанных молекулярных и генетических свойств экологически не детерминированные “археологические” находки ДНК чумного микроба из человеческих останков жертв древних пандемий считают принадлежащими вымершим переходным формам *Y. pseudotuberculosis* / *Y. pestis*. “Археологическую” ДНК чумного микроба из останков диких грызунов или синантропных крыс пока выявить и изучить не удалось.

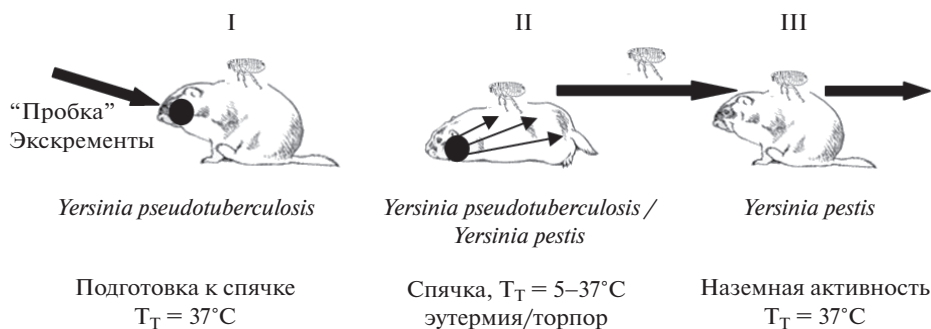
Приведённые выше доводы разъясняют, почему в МГ-подходе не делается попыток более точно установить характеристики переходных форм *Y. pseudotuberculosis* / *Y. pestis*, которые могли бы пролить свет на механизм видообразовательного процесса и нестабильную переходную среду, где происходило преобразование популяции (клона) *Y. pseudotuberculosis* 0:1b в популяцию MRCA. Согласно МГ-подходу нестабильной переходной среды и соответствующих этой среде переходных форм попросту не существовало. Видообразование, как полагают, прошло сальтационным способом — молниеносным, в мгновение ока, внедрением микроба сразу в новую, уже существовавшую среду обитания “грызун—блоха”, то есть в новую экологическую нишу и новую адаптивную зону. Механизм видообразования связывают с генетико-статистическими нейтральными процессами (ГПГ, дрейф генов) без или с минимальным участием главных факторов эволюции — борьбы за существование и естественного отбора [12]. При этом ранние формы чумного микроба по неизвестным пока обстоятельствам вымерли, что уменьшает возможности раскрытия их свойств как переходных форм между предковой и производной и затрудняет создание эволюционной

модели, адекватной процессу видообразования *Y. pestis*.

Оценивая МГ-эволюционную модель в целом, следует констатировать, что она, во-первых, не учитывает уникальность видообразовательного процесса при формировании популяции MRCA из клона (популяции) возбудителя ДСЛ и, во-вторых, априори придаёт многообразным геновариантам чумного микроба статус единой монофилетической (голофилетической) группы (не имеющей гомоплазийных проявлений).

**Экологическая эволюционная модель филогении *Y. pestis*.** Возбудитель чумы был открыт А. Йерсеном в Гонконге в 1894 г. в начале третьей пандемии. За прошедшие более чем 125 лет наукой накоплен огромный объём всесторонних знаний, позволяющих в той или иной мере реконструировать его историю. Во второй половине XX в. была сформулирована вполне стройная теория природной очаговости чумы. С началом нового тысячелетия эта теория была откорректирована МГ-новациями. Чума предстала как эволюционно молодая системная (“кровяная”) инфекция, возбудитель которой как вид *Y. pestis* сформировался на основе определённого клона (популяции) кишечного психрофильного возбудителя ДСЛ *Y. pseudotuberculosis* 0:1b. В связи с эволюционной молодостью возбудителя чумы имеется реальная возможность раскрыть популяционно-генетические процессы видообразования на основе знаний экологии популяций предкового псевдотуберкулёзного и производного чумного микробов [13]. Трудность вопроса состояла в отсутствии представлений об исходном хозяине: в популяциях какого вида фоновых норových грызунов клон (популяция) возбудителя ДСЛ мог преобразоваться в популяцию возбудителя чумы? Экологические факты, позволяющие дать уверенный ответ на этот вопрос, были получены при изучении природных очагов чумы в Центральной Азии [13, 25–27].

Согласно экологическому сценарию, видообразование *Y. pestis* прошло в Центральной Азии в популяциях монгольского сурка под влиянием одновременно действовавших тривиальных физико-климатических факторов — нарастания аридности климата в продолжение кайнозоя и суровости климата во время последнего максимального (сартанского) похолодания в Азии. Аридность климата привела к формированию защитного поведения монгольского сурка, ставшего причиной интенсивного размножения псевдотуберкулёзного микроба в его пищеварительном тракте, точнее, только в ротовой полости, во время зимней спячки без проникновения в кишечный тракт и лимфо-миелоидный комплекс и (надо полагать) без возникновения инфекционного процесса. Суровость климата в сартанское время,



**Рис. 2.** Этапы формирования трансмиссивной передачи чумы:

I — накопление возбудителя псевдотуберкулёза в ротовой полости готовящихся к спячке монгольских сурков как следствие аридизации ландшафтов Центральной Азии; II — аберрантное (травматическое) заражение сурков псевдотуберкулёзом и сепсис во время зимней спячки как следствие наступления сартанского максимального похолодания в Азии и перехода личинок сурковой блохи к факультативной гематофагии; возникновение переходной формы возбудителя *Yersinia pseudotuberculosis* / *Yersinia pestis*; III — адаптация переходной формы к персистированию в популяциях монгольского сурка, находящегося в активном состоянии; освоение новой экологической ниши и адаптивной зоны, становление нового вида *Y. pestis* ( $T_T$  — температура тела сурков)

22–15 тыс. лет назад, вызвала сдвиги в поведении личинок сурочьей блохи *Oropsylla silantiewi*. В обычных условиях личинки блох являются детритофагами, питаются органическим субстратом в гнёздах хозяев. Но с началом сартанского похолодания и глубокого промерзания почвогрунтов до 3–4 м личинки *O. silantiewi* из промерзающей в зимне-весенние месяцы травяной выстилки зимовочных гнёзд сурка ( $-3$  —  $-8^\circ\text{C}$ ) стали перемещаться в силу положительного термотаксиса на более тёплые тела спящих животных ( $5$ – $37^\circ\text{C}$ ). При этом в поисках пищи часть личинок со стохастической закономерностью попадала в ротовую полость сурков, где они создавали на слизистой скарификации и питались кровью [25–27]. Так, смена способа питания блошинных личинок в холодный зимне-весенний период — переход от детритофагии к гематофагии — привела к уникальному травматическому (не традиционному алиментарному) способу заражения монгольского сурка ДСЛ. В свою очередь необычный способ массового заражения популяции спящих монгольских сурков ДСЛ стал причиной возникновения уникальной “кровяной” инфекции — чумы (рис. 2).

Причиной видообразования *Y. pestis* стал рекуррентный массовый механический вынос псевдотуберкулёзных микробных клеток в принципиально новую среду обитания (из ротовой полости в кровь), то есть в новую экологическую нишу и адаптивную зону. Э. Майр [28] назвал формирование новых популяций за счёт внепопуляционных мигрантов принципом основателя, а процесс формирования нового вида описал как перипатрическое видообразование. Подобное отпочкование нового дочернего вида от предкового посредством мигрантов, которое в природе обычно происходит с высокой эволюционной скоростью,

В. Грант определил как “квантовое” видообразование [29]. Таким образом, при изучении видообразования и филогенеза возбудителя чумы базовая эволюционная модель должна соответствовать принципу перипатрического/квантового видообразования [30].

**Чума не является сапрозоонозом.** Важной экологической составляющей эволюционной модели *Y. pestis* выступает жизненный цикл: сохраняет ли микроб чумы адаптации к сапрофитическому существованию вне системы “грызун–блоха”, свойственные его псевдотуберкулёзному предку? В.В. Кутырев с соавторами пришли к выводу (по нашим представлениям — глубоко ошибочному!), что возбудитель чумы, как и его предок (возбудитель ДСЛ), по сути, является сапрозоонозным микроорганизмом, его жизненный цикл включает сапрофитическую фазу развития во внешней органике: через трансларвальные стадии почвенных нематод и блох микроб внедряется в трансмиссивный цикл “грызун–блоха–грызун” во время разлитых эпизоотий, и “в настоящее время уже нельзя отрицать очевидной роли членов почвенного биоценоза в инициации эпизоотий чумы” [31, с. 11]. Это сомнительное открытие российских чумологов, казалось бы, нашло поддержку в генетических фактах зарубежных исследователей. В соответствии с идеей “теллурической” чумы было высказано предположение, что возможность сапрофитического существования у микроба чумы связана с иным, чем у возбудителя ДСЛ, механизмом — горизонтальной одноактной аквизицией плазмиды *pPst*, кодирующей синтез пестицина [32]. Пестицин, как считают, обеспечивает существование возбудителя чумы в трупах и почве в межэпизоотический период. Распространяясь по всему труп, пестицин позволяет патогену длительно сохраняться вне организма



теплокровных хозяев и далее передаваться обратно в цикл “блоха—грызун” из трупa или почвы в хозяина или личинки блох.

Эволюционную модель “сапрозоонозной” или “теллурической” чумы нельзя считать общепринятой в МГ-подходе, но тем не менее при построении МГ-филогенетических схем *Y. pestis* в качестве базовых заимствуют модели, разработанные для других, не трансмиссивных инфекций, вызываемых микробами *Escherichia coli*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Salmonella typhi*, *Yersinia pseudotuberculosis* и пр. [18, 33], жизненный цикл которых резко контрастирует с уникальным жизненным циклом *Y. pestis*. Это ставит под сомнение адекватность применяемых для реконструкции филогенеза *Y. pestis* МГ-моделей.

Иную, коммуникационную, роль в процессе видообразования микроба чумы отводит пестицину экологический сценарий. Плазида рPst синтезирована на поздних стадиях видообразования [34]. Её роль, помимо регуляции синтеза фермента Pla, выполняющего функцию вирулентности, состоит в обеспечении популяционной стабильности и внутри- и межвидовой регуляции. Кроме гена *pla* рPst-плазида несёт два других гена — *pst* и *pim*, образующих оперон, кодирующий функцию системы “токсин—антитоксин”, которая отвечает за регуляцию в стрессовых условиях. Такие системы известны для большого числа прокариот [35]. Назначение токсина (у чумного микроба это пестицин, Pst) — подавлять рост мутантных генотипов. Роль антитоксина (Pim) — нейтрализовать токсин. Нейтрализация осуществляется сложным взаимодействием двух белков, токсина и антитоксина. Когда клетка теряет оперон *pst-pim*, она обычно погибает. Поэтому в процессе видообразования клетки переходной популяции *Y. pseudotuberculosis* / *Y. pestis* всё в большей мере синтезировали пестицин и подавляли рост анцестральных псевдотуберкулёзных клеток и собственных более примитивных клеток, не синтезирующих или плохо синтезирующих пестицин [30]. Так в популяции *Y. pseudotuberculosis* / *Y. pestis* происходил отбор клеток, успешно синтезирующих пестицин. Роль пестицина как регулятора внутривидовых взаимоотношений в популяциях состоявшегося микроба чумы и межвидовых взаимодействий с предковым псевдотуберкулёзным микробом свидетельствует о сложном длительном процессе видообразования *Y. pestis* через переходные формы в нестабильной стрессовой переходной гостально-векторной среде “сурок—блоха”, но не об одноактном внедрении плазмиды рPst в псевдотуберкулёзную клетку путём ГПГ. Отсюда, в соответствии с экологическим сценарием, эволюционная модель *Y. pestis* не должна включать сапрофитическую компоненту и концепцию ГПГ.

**Три района видообразования *Y. pestis*.** Экологическими методами показано, что микроб чумы сформировался в паразитарной системе “монгольский сурок — блоха *O. silantiewi*”. При этом видообразование прошло параллельно, почти одновременно в трёх географических популяциях сурка [11, 36]. На Хэнтэе, в Забайкалье и в китайской провинции Внутренняя Монголия обитает подвид (географическая популяция) *M. sibirica sibirica*. Хангай и Центральную Монголию заселяет подвид *M. sibirica caliginosus*. В западных районах Монголии и в Тыве на Хархира-Турген-Монгун-Тайгинском горном поднятии обитает пока не описанный подвид монгольского сурка *M. sibirica ssp.* В этих географических популяциях монгольского сурка имеются “сурочки” природные очаги чумы, в которых циркулируют разные геноварианты микроба (2.ANT3, 3.ANT2 и 4.ANT1). Видообразование, индуцированное последним максимальным (сарганским) похолоданием в Центральной Азии, прошло тритопно в сходных условиях в единой среде “*M. sibirica* — *O. silantiewi*”, но геноварианты возникли заметно разные. Причину этого можно видеть в генетических и молекулярных отличиях популяций возбудителя ДСЛ, циркулирующего в разных географических популяциях монгольского сурка, и случайных процессах, таких как дрейф генов переходной формы *Y. pseudotuberculosis* / *Y. pestis* в популяциях монгольского сурка [11].

Территориальная экспансия трёх исходных геновариантов из географических популяций монгольского сурка проходила самостоятельными параллельными маршрутами, из чего следует, что филогенетическое дерево *Y. pestis* имеет три корня, представленных геновариантами 2.ANT3, 3.ANT2 и 4.ANT1, и структура филогенетического дерева включает три самостоятельные голофилетические группы (рис. 3). В таком случае сходные параллельные мутации, создающие похожие признаки у представителей самостоятельных голофилетических групп, следует оценивать как гомоплазии. Гомоплазии не отражают наследственную изменчивость и не являются филогенетически информативными признаками, неверно истолковываются филогенетическими методами, и их следует исключать из МГ-филогенетического анализа.

Таким образом, в МГ-подходе всё известное многообразие геновариантов возбудителя чумы, порождённое исходной формой MRCA, рассматривают как монофилетическую (голофилетическую) группу. Тем самым в реконструкцию истории *Y. pestis* закладывается принципиальная ошибка. Согласно экологическому сценарию, эволюционная модель должна иметь трёхкорневую топологию, включать три голофилетические группы, которые следует анализировать отдельно во избежание включения в филогенетический

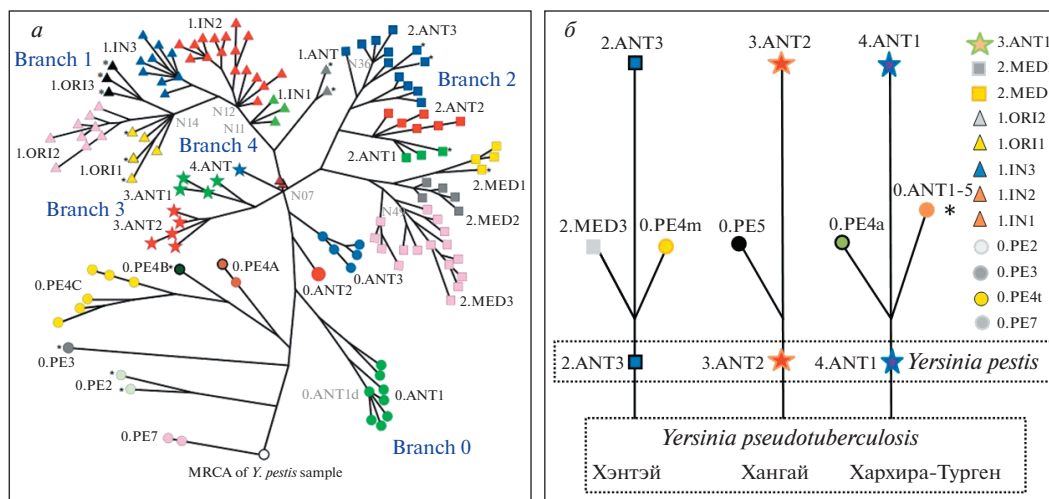


Рис. 3. Топология филогенетических деревьев *Yersinia pestis*:

а — популярное однокорневое “молекулярное” дерево, реконструированное на основе анализа SNP-маркеров [5]; б — трёхкорневое “экологическое” дерево [11]; \* — диверсификация и азиатская экспансия геновариантов

анализ случаев эволюционного параллелизма (гомоплазий).

\*\*\*

Возбудитель чумы по биохимическим, генетическим и молекулярным признакам систематически относят к семейству кишечных бактерий *Enterobacteriaceae*, и в филогенетических построениях используют общепринятые эволюционные модели, характеризующие эволюционные процессы в популяциях возбудителей кишечных (или иных нетрансмиссивных) инфекций. В то же время этот патоген проявляет особые свойства, свидетельствующие о его уникальной эволюционной судьбе. Но эту уникальность не учитывают в МГ-методологии филогенетических реконструкций. Вид *Y. pestis* — действительно монофилетическая группа, но в широком понимании этого термина. Она имеет единого псевдотуберкулёзного предка — вид *Y. pseudotuberculosis*, предковый вид породил производный вид. Но дьявол кроется в деталях. Три различные популяции *Y. pseudotuberculosis* (ДСЛ) дали жизнь трём популяциям *Y. pestis*, и каждая из них основала самостоятельную голофилетическую группу действительно напрямую родственных геновариантов, то есть группу монофилетическую в узкой трактовке. Геноварианты из разных голофилетических групп не являются напрямую родственными, их родство опосредуется псевдотуберкулёзными предками. Налицо следующая ситуация: три основателя голофилетических групп, геноварианты 2.ANT3, 3.ANT2 и 4.ANT1, проявляют единство эволюционной тенденции, но не связаны единством происхождения (пара- или перипатрическое образование ге-

новариантов, подвидов, географических популяций). Отсюда результат — МГ-филогении не интерпретируются с экологических (в широком понимании) позиций, убедительную интерпретацию истории чумного микроба на основе МГ-методологии создать не удаётся. Наоборот, экологические данные, в совокупности с генетическими и молекулярными, позволили предложить вполне оправданный ЭКО-сценарий происхождения и эволюции чумного микроба. Этот сценарий следует принять в качестве нулевой гипотезы при разработке адекватной эволюционной модели для реконструкции истории происхождения и эволюции вида *Y. pestis*. ЭКО-сценарий также может стать незаменимой вербальной эволюционной моделью для сравнения молекулярных и экологических методологий филогенетических исследований возбудителей многих других инфекционных болезней и создания эколого-молекулярного методологического синтеза.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Платонов М.Е., Евсеева В.В., Денцовская С.В., Анисимов А.П. Молекулярное типирование *Yersinia pestis* // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. 2013. № 2. С. 3—13.
2. Vogler A.J., Keim P., Wagner D.M. A review of methods for subtyping *Yersinia pestis*: From phenotypes to whole genome sequencing // Infect. Genet. Evol. 2016. V. 37. P. 21—36.
3. Вагайская А.С., Трунякова А.С., Денцовская С.В. Внутривидовая дифференциация *Yersinia pestis*: от фенотипа к полногеномному секвенированию // Бактериология. 2019. № 2. С. 42—54.

4. Кисличкина А.А., Платонов М.Е., Вагайская А.С. и др. Рациональная таксономия *Yersinia pestis* // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. 2019. № 2. С. 76–82.
5. Cui Y., Yu C., Yan Y. et al. Historical variations in mutation rate in an epidemic pathogen, *Yersinia pestis* // PNAS. 2013. № 2. P. 577–582.
6. Spyrou M.A., Keller M., Tukhbatova R.I. et al. Phylogeography of the second plague pandemic revealed through analysis of historical *Yersinia pestis* genomes // Nature Commun. 2019. V. 10:4470. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12154-0>
7. Rascovan N., Sjogren K.G., Kristiansen K. et al. Emergence and Spread of Basal Lineages of *Yersinia pestis* during the Neolithic Decline // Cell. 2019. № 176. P. 295–305.
8. Achtman M., Morelli G., Zhu P. et al. Microevolution and history of the plague bacillus, *Yersinia pestis* // PNAS. 2004. № 51. P. 17837–17842.
9. Morelli G., Song Y., Mazzoni C.J. et al. *Yersinia pestis* genome sequencing identifies patterns of global phylogenetic diversity // Nature Genetics. 2010. № 12. P. 1140–1145.
10. Pisarenko S.V., Evchenko A.Yu., Kovalev D.A. et al. *Yersinia pestis* strains isolated in natural plague foci of Caucasus and Transcaucasia in the context of the global evolution of species // Genomics. 2021. V. 113. P. 1952–1961.
11. Сунцов В.В. Политопное видообразование микроба чумы *Yersinia pestis* как причина филогенетической трихотомии в географических популяциях монгольского сурка-тарбагана (*Marmota sibirica*) // Журнал общей биологии. 2021. № 6. С. 431–444.
12. Cui Y., Song Y. Chapter 6. Genome and Evolution of *Yersinia pestis* / R. Yang, A. Anisimov (eds.) // *Yersinia pestis*: Retrospective and Perspective. Advances in Experimental Medicine and Diology 918. Beijing: Springer Science-Business Media Dordrecht, 2016. P. 171–192.
13. Сунцов В.В. Происхождение чумы. Перспективы эколого-молекулярно-генетического синтеза // Вестник РАН. 2019. № 3. С. 260–269; Suntsov V.V. Origin of the Plague: Prospects of Ecological–Molecular–Genetic Synthesis // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2019. № 3. P. 271–278.
14. Skurnik M., Peippo A., Ervela E. Characterization of the O-antigen gene cluster of *Yersinia pseudotuberculosis* and the cryptic O-antigen gene cluster of *Yersinia pestis* shows that the plague bacillus is most closely related to and has evolved from *Y. pseudotuberculosis* serotype O:1b // Mol. Microbiol. 2000. № 2. P. 316–330.
15. Fukushima H., Gomyoda M., Hashimoto N. et al. Putative origin of *Yersinia pseudotuberculosis* in western and eastern countries. A comparison of restriction endonuclease analysis of virulence plasmids // Int. J. Med. Microbiol. 1999. V. 288. P. 93–102.
16. Fukushima H., Matsuda Y., Seki R. et al. Geographical heterogeneity between Far Eastern and Western countries in prevalence of the virulence plasmid, the superantigen *Yersinia pseudotuberculosis*-derived mitogen, and the high-pathogenicity island among *Yersinia pseudotuberculosis* strains // J. Clin. Microbiol. 2001. № 10. P. 3541–3547.
17. Owen L.A., Richards B., Rhodes E.J. et al. Relict permafrost structures in the Gobi of Mongolia: age and significance // J. Quat. Sci. 1998. № 6. P. 539–547.
18. Chain P.S.G., Carniel E., Larimer F.W. et al. Insights into the evolution of *Yersinia pestis* through whole-genome comparison with *Yersinia pseudotuberculosis* // PNAS. 2004. № 38. P. 13826–13831.
19. Willcocks S.J., Stabler R.A., Atkins H.S. et al. High-throughput analysis of *Yersinia pseudotuberculosis* gene essentiality in optimised in vitro conditions, and implications for the speciation of *Yersinia pestis* // BMC Microbiology. 2018. V. 18. Art. 46.
20. Achtman M. Insights from genomic comparisons of genetically monomorphic bacterial pathogens // Phil. Trans. R. Soc. B. 2012. № 367. P. 860–867.
21. Demeure C.E., Dussurget O., Fiol G.M. et al. *Yersinia pestis* and plague: An updated view on evolution, virulence determinants, immune subversion, vaccination, and diagnostics // Genes Immun. 2019. № 5. P. 357–370.
22. Rasmussen S., Allentoft M.E., Nielsen K. et al. Early divergent strains of *Yersinia pestis* in Eurasia 5.000 years ago // Cell. 2015. № 163:571e82.
23. Valtuena A.A., Neumann G.U., Spyrou M.A. et al. Stone Age *Yersinia pestis* genomes shed light on the early evolution, diversity, and ecology of plague // PNAS. 2022. № 117. e2116722119.
24. Sebbane F., Devalckenaere A., Foulon J. et al. Silencing and reactivation of urease in *Yersinia pestis* is determined by one G residue at the specific position in the *ureD* gene // Infect. Immun. 2001. V. 69. P. 170–176.
25. Сунцов В.В., Сунцова Н.И. Экологические аспекты эволюции микроба чумы *Yersinia pestis* и генезис природных очагов // Известия РАН. Серия биологическая. 2000. № 6. С. 645–657.
26. Сунцов В.В., Сунцова Н.И. Чума. Происхождение и эволюция эпизоотической системы (экологические, географические и социальные аспекты). М.: КМК, 2006.
27. Сунцов В.В. Исключительная роль специфической блохи сурков *Oropsylla silantiewi* (Ceratomyzidae: Siphonaptera) в видообразовании микроба чумы — микроба *Yersinia pestis* // Паразитология. 2018. № 1. С. 3–18.
28. Майр Э. Популяции, виды и эволюция. М.: Мир, 1974.
29. Грант В. Эволюционный процесс. М.: Мир, 1991.
30. Сунцов В.В. “Квантовое” видообразование микроба чумы *Yersinia pestis* в гетероиммунной среде — популяциях гибернирующих сурков-тарбаганов (*Marmota sibirica*) // Сибирский экологический журнал. 2018. № 4. С. 379–394.

31. Кутырев В.В., Ерошенко Г.А., Попов Н.В. и др. Молекулярные механизмы взаимодействия возбудителя чумы с беспозвоночными животными // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. 2009. № 4. С. 6–13.
32. Easterday W.R., Kausrud K.L., Star B. et al. An additional step in the transmission of *Yersinia pestis*? // ISME Journal. 2012. V. 6. P. 231–236.
33. McNally A., Thomson N.R., Reuter S., Wren B.W. “Add, stir and reduce”: *Yersinia spp.* As model bacteria for pathogen evolution // Nat. Rev. Microbiol. 2016. Advance online publication. P. 1–15. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2015.29>
34. Сунцов В.В. Перспективы синтеза молекулярно-генетического и экологического подходов к проблеме видообразования микроба чумы *Yersinia pestis* // Успехи современной биологии. 2020. № 1. С. 43–57.
35. Кунин Е. Логика случая. О природе и происхождении биологической эволюции. М.: Центрполиграф, 2014.
36. Сунцов В.В. Гостальный аспект территориальной экспансии микроба чумы *Yersinia pestis* из популяций монгольского сурка-тарбагана (*Marmota sibirica*) // Зоологический журнал. 2020. № 11. С. 1307–1320.

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕТЕРМИНАЦИЯ ИНДИГЕННЫХ БИФИДОБАКТЕРИЙ КИШЕЧНИКА ЧЕЛОВЕКА

© 2022 г. О. В. Бухарин<sup>a,\*</sup>, С. В. Андриященко<sup>a,\*\*</sup>, Н. Б. Перунова<sup>a,\*\*\*</sup>, Е. В. Иванова<sup>a,\*\*\*\*</sup>

<sup>a</sup>Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН, Оренбург, Россия

\*E-mail: ofrc@list.ru

\*\*E-mail: rattus000@gmail.com

\*\*\*E-mail: perunovanb@gmail.com

\*\*\*\*E-mail: walerewna13@gmail.com

Поступила в редакцию 04.04.2022 г.

После доработки 25.04.2022 г.

Принята к публикации 12.05.2022 г.

В обзоре рассматривается экологическая детерминация индигенных (постоянно присутствующих) бифидобактерий толстого кишечника человека. Под экологической детерминацией (от лат. *determinare* — “определяю”) понимается совокупность природных явлений местообитания (биотопа), определяющих роль индигенных микроорганизмов в микробиоценозе. С использованием симбиотического подхода предпринята попытка выявить экологические условия обитания бифидобактерий и их физиологических эффектов в микросимбиоценозе. Установлены особенности индигенных бифидобактерий по их природе: эволюционно-генетические (филогенетическая удалённость, консервативность генома, метаболическая специализация), биохимические (лизацимрезистентность, конститутивная ацетатпродукция) и физиологические (микробное распознавание “свой–чужой”, иммунорегуляция), имеющие значение в адаптации (персистенции), обеспечении мутуалистических эффектов и стабильности бифидофлоры в популяции.

**Ключевые слова:** симбиоз, бифидобактерии, персистенция, лизацимрезистентность, ацетатпродукция, антипептидная активность, микробное распознавание “свой–чужой”, обзор.

DOI: 10.31857/S0869587322090055

Принимая во внимание, что детерминация в классическом понимании основана на объективной причинной обусловленности явлений [1], мы подошли к изучению индигенных бифидобактерий кишечника человека с позиции *экологической детерминации*. В контексте микробиологии принцип экологической детерминации был выдвинут голландским микробиологом М.В. Бейеринком в начале XX в., а конкретно сформулирован в 1934 г. его соотечественником Л.Б. Бекингом. Исходно

он представлялся в виде максимы “всё есть везде”. Затем данный подход был существенно ограничен, и сформировалось понимание, что условия среды обуславливают население биотопа [2], а значит — диапазон их физиологических проявлений. Следствием этого стало существование конечного числа более или менее стабильных зон оптимума адаптации в многомерном пространстве эволюционного ландшафта приспособленности [3]. Подход применим в том числе к микроорганизмам, населяющим пищеварительный тракт [4].

БУХАРИН Олег Валерьевич — академик РАН, научный руководитель ИКВС УрО РАН. АНДРИЯЩЕНКО Сергей Валерьевич — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории инфекционной симбиологии ИКВС УрО РАН. ПЕРУНОВА Наталья Борисовна — доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории инфекционной симбиологии ИКВС УрО РАН. ИВАНОВА Елена Валерьевна — доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории инфекционной симбиологии ИКВС УрО РАН.

Микросимбиоценоз кишечника по праву относят к одному из наиболее многообразных по составу. На чрезвычайную сложность населяющей человека и животных микрофлоры указывает тот факт, что абсолютное количество бактерий толстого кишечника оказывается сопоставимо с количеством клеток организма хозяина. В последние десятилетия использование современных метагеномных подходов позволило расши-

рять наши представления не только о составе микробиоты, но и о её динамике и экологии, что отражает эволюционную сторону формирования мутуалистических отношений в системе “паразит–хозяин” [5, 6].

Большое биохимическое разнообразие и динамичность содержимого толстого кишечника существенно осложняют поиск наиболее важных зависимостей и взаимосвязей в микробиоценозе, установление влияния тех или иных факторов, определяющих его состав и результат взаимодействия с организмом хозяина [7]. С учётом того, что микробиота продуцирует вещества, оказывающие значительное нейроэндокринное регуляторное действие на организм, кишечная микробиота может считаться полноценным микробным органом, принимающим участие в обеспечении гомеостаза хозяина [8].

Роль индигенных бифидобактерий кишечника человека до сих пор остаётся предметом исследований. Показано, что они выступают одними из немногих надёжных мутуалистов человека, не обладающих патогенными свойствами вне зависимости от состояния организма хозяина [9]. Накоплены фактические материалы, свидетельствующие, что некоторые виды бифидобактерий стабильно обосновались в толстом кишечнике и остаются нашими верными помощниками, участвуя в поддержании гомеостаза [10]. При этом сравнительно небольшая численность бифидобактерий у взрослых лиц и относительно небольшой размер генома не могут служить отражением их функциональной роли в микросимбиозе. Таким образом, конкретная экологическая ниша бифидобактерий в микросимбиозе кишечника и соответствующие ей главные критерии адаптивности остаются не вполне прояснёнными. В связи с этим мы попытались выявить наиболее значимые характеристики бифидобактерий, определяющие их место в микробиоценозе кишечника человека, и механизмы их персистенции. Признаки были сгруппированы в три категории с учётом имеющегося фактического материала и их природы: эволюционно-генетические, биохимические и физиологические.

**Эволюционно-генетические параметры адаптивности бифидобактерий.** По современной систематике род *Bifidobacterium* входит в семейство *Bifidobacteriaceae*, порядок *Bifidobacteriales*, подкласс *Actinobacteridae*, класс *Actinobacteria*, тип *Actinobacteria*. Видовая и количественная малочисленность представителей этой таксономической ветви, установленная по результатам микробиомных исследований, указывает на *филогенетическую удалённость/изолированность* от большинства патогенных и условно-патогенных кишечных бактерий, что затрудняет процесс горизонтального переноса генов патогенности и

антибиотикорезистентности между ними [11]. У бифидобактерий к настоящему моменту не выявлено островов патогенности, несмотря на то, что известно несколько случаев их фиксирования (вкуче с иными микроорганизмами) при некоторых инфекционно-воспалительных заболеваниях [10]. Число и разнообразие внутри- и внехромосомных мобильных генетических элементов у бифидобактерий невелико, и особенности их организации мало способствуют их переносу другим микроорганизмам [12, 13].

К настоящему времени опубликовано и описано значительное количество последовательностей геномов бифидобактерий [10, 14]. Тем не менее причины их обитания в кишечнике человека на протяжении всей жизни, их адаптация и выживание в условиях желудочно-кишечного тракта, а также их физиологические эффекты требуют дальнейшего изучения. Бифидобактерии как свободноживущие формы прокариот имеют сравнительно *небольшой и консервативный геном*, что в свете тенденции к его редукции [15] может отражать устойчивый тренд их эволюции в сторону специализации к конкретному типу биотопов путём фиксации физиологических возможностей. Сравнительный анализ геномов бифидобактерий и типичных представителей облигатно-анаэробного звена кишечного микросимбиоза на основании оценки размеров генома и набора генов двухкомпонентных систем позволил нам выполнить следующее ранжирование таксонов: *Bifidobacterium spp.* (менее 2.5 млн пар нуклеотидов (п.н.), 5–19 белков) < *Propionibacterium spp.* (2.5–3.5 млн п.н., 6–34 белка) < *Prevotella spp.* (2.6–3.6 млн п.н., 4–22 белка) < *Clostridium spp.* (4.1 ± 0.06 млн п.н., 14–32 белка) < *Peptoclostridium spp.* (4.1 ± 0.7 млн п.н., 51 белок) < *Bacteroides spp.* (5.0–6.26 млн п.н., 50–86 белков) [12].

Подтверждением консервативности генома бифидобактерий служат результаты сравнительного анализа специфичного для *Bifidobacterium* кластера ортологичных генов – кор-генома, который позволил установить наличие 10 разных филогенетических групп, частично коррелирующих с экологическими нишами. Например, представители групп *B. adolescentis* (*B. catenulatum*, *B. pseudocatenulatum* и *B. adolescentis*), *B. longum* (*B. breve* и *B. longum*), *B. pseudolongum* (*B. animalis* subsp. *lactis*) и *B. bifidum* типичны для кишечного тракта человека и коммерчески используются в качестве пробиотических штаммов [16].

Оценка адаптивного потенциала генома микроорганизмов по вычислению абсолютного и относительного показателей “сигнального ценза” – количества генов двухкомпонентных сигнальных систем [17] – показала, что геном бифидобактерий в среднем кодирует больше детерминант сигнальных систем, чем лактобактерии, а по относи-

тельной регуляторной эффективности превосходит как лактобактерии, так и бактероиды. Далее мы обратили внимание на известные детерминанты систем межклеточной коммуникации через аутоиндукторы “чувства кворума” и установили, что все секвенированные штаммы несут гены, обеспечивающие оба пути синтеза ключевого предшественника аутоиндуктора-2 — дигидроксид-2,3-пентандиона — как из S-рибозил-L-гомоцистеина (ген *luxS*), так и из рибулозо-5-фосфата [18]. Гомологов известных детерминант аутоиндукторов семейства гомосеринлактонов, равно как и рецепторов к аутоиндуктору-2, у бифидобактерий не обнаружено. Хотя бифидобактерии образуют медиатор “общеебактериального присутствия”, конкретных специфических сигнальных систем межмикробного взаимодействия у них не выявлено. Учитывая исключительное биохимическое разнообразие кишечника как местообитания в сравнении с прочими биотопами тела человека, можно предположить, что данные условия предъявляют особые требования к *регуляторно-адаптивному потенциалу генома* его обитателей. Из этого напрашивается вывод, что для бифидобактерий характерен выраженный адаптивный потенциал генома [12].

Успехи последних исследований показали, что бифидобактерии эволюционировали совместно со своими хозяевами и многие их физиологические характеристики могут зависеть от места их обитания. Считается, что бифидобактерии претерпели *специфическую генетическую и метаболическую адаптацию*, чтобы облегчить колонизацию кишечника человека [19]. В частности, анализ геномов бифидобактерий *in silico* выявил большой арсенал генов, кодирующих ферменты, участвующие в расщеплении сложных углеводов, которые не могут метаболизироваться ферментами хозяина или большинства микроорганизмов кишечной микробиоты [20, 21]. Специфическая генетическая и метаболическая адаптация бифидобактерий обеспечила им колонизацию кишечника человека и определила реализацию их мутуалистических эффектов в качестве индигенного симбионта. Анализ ряда эволюционно-генетических параметров бифидобактерий показал, что свойства их генома отражают достаточно длительную и узкую специализацию прокариот ко вполне определённой экологической нише хозяина — толстому кишечнику.

**Биохимические параметры адаптивности бифидобактерий.** Высокая трофическая активность вида (как один из признаков экологической детерминации) может быть использована при анализе роли микросимбионтов кишечника, участвующих в процессах пищеварения и обмена веществ в организме хозяина. По геномному составу микробиота обладает значительной индивидуальной компонентой, так как две трети генов представле-

ны лишь у 20% людей [22]. Таким образом, можно говорить о том, что хозяин передал часть метаболических функций своей микробиоте [10]. Выживание любого организма в любом биотопе определяется прежде всего приспособлением к наиболее общим физико-химическим факторам, формирующим условия среды конкретного местообитания.

Один из ключевых факторов, определяющих возможность колонизации и персистенции прокариот в биотопах организма хозяина, — их устойчивость к естественному антисептику — лизоциму. Установлено, что у индигенных видов бифидобактерий этот показатель на порядки превышает уровень продукции лизоцима в кишечнике [23]. Устойчивость к нему у бифидобактерий обеспечивается за счёт модификации пептидогликана, а также резистентностью к его неферментативному действию [24, 25]. Высокая устойчивость к лизоциму у бифидобактерий как в кишечнике, так и в материнском молоке выступает фактором отбора индигенных для человека видов *Bifidobacterium* spp. [26].

Известно, что адгезивная активность бифидобактерий (как один из важных факторов колонизации биотопа) характеризуется вариабельностью (видо- и штаммоспецифичность) как набора, так и структуры отдельных молекулярных детерминант адгезии к клеткам кишечного эпителия и кишечной слизи [27]. Установлено, что только сортаза-зависимые фимбрии (ворсинки) имеются у всех видов индигенных бифидобактерий [28] и оказывают иммуномодулирующий эффект в отношении продукции цитокина ФНО $\alpha$ . Наибольшей вариабельностью обладает ген *FimA*, кодирующий главную субъединицу пилина в локусе *pil2* [29].

Следующий фактор, способствующий колонизации бифидобактерий кишечного биотопа, — наличие у них разнообразных специфически анаэробных биохимических превращений веществ [30]. Бифидобактерии выявляются главным образом в пристеночной области оксигенируемого кишечника [31], но сохраняют жизнеспособность и метаболическую активность при концентрациях атмосферного кислорода до 15% и более [32] за счёт механизмов антиоксидантной защиты (пероксидаза, NADH-оксидаза, наличие в геноме регуляторного фактора SIR2) [33].

В процессы метаболизма в кишечнике вовлечены самые разнообразные метаболические фенотипы микробиоты, каждый из которых может стать приоритетным в различных биохимических процессах и иметь значение как для организма человека, так и для поддержания микробного сообщества в биотопе [34]. Вместе с тем многие процессы микробной ферментации субстратов в организме человека реализуются комбинирован-

но, так как у микроорганизмов может быть только часть пути метаболизма. Микроорганизмы, объединяясь в ассоциации, методически выполняют метаболические функции на этапе ферментации и утилизации субстратов. Бифидобактерии и бактероиды через “cross-feeding”-взаимодействия последовательно участвуют в расщеплении полисахаридов до моносахаров с образованием конечных субстратов — короткоцепочечных жирных кислот. По сравнению с геномом человека, кодирующим только 17 гликозид-гидролаз, геном бифидобактерий содержит порядка 56 детерминант карбогидраз, ферментирующих олигосахариды до моносахаров [35]. Ацетат, образуемый бифидофлорой, выступает в качестве основного совместного субстрата для производства бутирата и как фактор роста ряда облигатно-анаэробных бактерий [36]. Так, главным конечным метаболитом облигатных анаэробов в кишечнике становится ацетат (анион уксусной кислоты и её растворимых солей) [37].

Образование бифидобактериями ацетата происходит через так называемый “бифидный шунт” фермента фруктозо-6-фосфат-фосфокетолазы (F6PPK). Рост концентрации кислорода в среде также не снижает уровень продукции ацетата. Выявлено, что высокая интенсивность ацетат-продукции может быть обеспечена при наличии у бифидобактерий генетических детерминант мембранного транспорта углеводов [38]. Способность выделять уксусную кислоту у индигенных бифидобактерий носит высококонсервативный, конститутивный характер, являясь итогом их базового пути катаболизма. Известно, что ацетат бифидобактерий, стимулируя противовоспалительную функцию энтероцитов хозяина, способен блокировать всасывание шига-токсина [39] и снижает способность сальмонелл к адгезии и инвазии [40]. В ходе проведённой нами работы показано, что концентрации ацетата, создаваемые индигенными бифидобактериями кишечника (как *in vitro*, так и *in vivo*), способны снижать устойчивость к лизоциму нерезидентных для микробиоты человека грампозитивных бактерий, модифицирующих свой пептидогликан путём N-деацетилирования [38]. Таким образом, ацетатпродукция бифидобактерий служит фактором селекции неиндигенной грампозитивной микробиоты. Выявлен механизм персистенции индигенной бифидофлоры через альтернативную модификацию пептидогликана микроорганизмов, где ацетат играет роль ключевого регулятора, определяющего доминантную роль бифидобактерий в кишечном биотопе хозяина, обеспечивая как первичную дискриминацию неиндигенных кишечных ассоциантов через блокирование де-N-ацетилирования их пептидогликана, так и сохранение индигенной грампозитивной микробиоты с O-ацетилированием пептидогликана.

**Физиологические эффекты индигенной бифидофлоры в симбиозе.** Взаимодействия индигенной бифидофлоры с хозяином и с ассоциативным звеном, попавшим в кишечник, обусловлены *ассоциативным симбиозом*. Термин “ассоциативный симбиоз”, предложенный профессором МГУ Е.С. Лобаковой, вследствие своей универсальности хорошо прижился в инфекционной симбиологии. Это многокомпонентная система, включающая хозяина в качестве макропартнёра, стабильного доминантного микросимбионта (нормальная, индигенная микрофлора) и минорных ассоциированных микросимбионтов с разнонаправленным действием. Инфекция же — модельная система ассоциативного симбиоза с участием трёх векторов этой композиции: доминанты, ассоцианты, микросимбиоценоз. Первые две группы симбионтов не требуют разъяснения для читателя, а третий термин — *микросимбиоценоз* — означает “общение” (греч.). Микробы собираются вместе, чтобы “пообщаться” и “принять решение” для определения своей дальнейшей судьбы в биотопе. Не исключено, что отсюда вытекают удивительно верные выводы о возможности бактерий оставаться в биотопе, так как опасности для них нет. В противном случае сигнал будет передан через кишечно-мозговую ось для выработки регулятора гомеостаза — нейрогомона задней доли гипофиза окситоцина — в целях нормализации обстановки [41]. Вот в чём основа сегодняшней сенсации — “микробы управляют нами”. Эти критерии мы использовали в последующей работе в качестве системообразующего фактора микросимбиоценоза (рис. 1).

Так что же такое микросимбиоценоз? Это единая динамическая система, состоящая из многовидовых консорциумов, образующих симбиотические связи между собой и макроорганизмом в условиях биокommunikации с целью создания гомеостаза для жизнедеятельности хозяина и своей собственной. Если признать, что микросимбиоценоз — “пульт управления”, позволяющий регулировать ситуацию в целях сохранения гомеостаза кишечного биотопа, то мы приобретаем нового мощного союзника. Может быть, пора включить применение окситоцина для терапии пациентов с тяжёлой формой и осложнениями новой коронавирусной инфекции COVID-19? Возможно, мы просмотрели очередную природоподобную технологию?

Возвращаясь к экологической детерминации индигенных бифидобактерий, приведём ещё один пример очевидной полезности микроорганизмов, непосредственно участвующих в диагностике той микрофлоры, которая находится в кишечном биотопе. Какая она — своя или чужая? На этот вопрос мы постарались ответить с помощью тех же индигенных бифидобактерий с учётом накопленного в работе с ними опыта.





Рис. 1. Ассоциативный симбиоз человека [6]

Изучение отношений “паразит–хозяин” позволило сформулировать алгоритм микробного распознавания “свой–чужой” в микросимбиоценозе кишечника человека на основе экспериментально выявленного оппозиционного феномена (усиление/подавление) размножения и адаптации микросимбионтов пары “доминант–ассоциант” [6]. Оказавшись фундаментальной находкой, эта пара сразу стала использоваться при отборе бифидобактерий для пробиотических целей. Если к этому добавить, что бифидобактерии, кроме дискриминации чужеродного материала, участвуют в инициальном этапе “сигналинга” – регуляции иммунного гомеостаза хозяина [41], то становится ясно, почему им уделяется так много внимания.

После выявления различий в динамике адаптивного потенциала бифидобактерий таких критериев, как антилизоцимная активность (АЛА), биоплёнкообразование (БПО) и ростовые свойства (РС, КОЕ), стало понятно, что при снижении этих параметров (адаптивного потенциала и РС) исследуемых штаммов вход для них закрыт. Они просто не приживутся в этой среде. Если микробам некомфортно, тормозятся их рост и размножение. Но если штамм “свой” – параметры только растут, отражая благоприятный характер экологической среды и принятие штамма окружением. Этот методический приём с использованием пары “доминант–ассоциант” был нами описан и прошёл испытания в течение ряда лет с положительным результатом.

Метод определения “свой–чужой” получил распространение при отборе перспективных микробных штаммов для создания новых пробиотиков, что и стало основанием для регистрации этих штаммов как в отечественной (Государственная коллекция микроорганизмов нормальной микрофлоры – ГКНМ), так и меж-

дународной коллекциях. Были предложены новые пробиотические штаммы *B. bifidum* ICIS-202 (ГКНМ № 1257), *B. bifidum* ICIS-310 (ГКНМ № 1258), *B. bifidum* ICIS-643 (ГКНМ № 1259) (депонирование в ГКНМ и регистрация в базе данных NCBI BioProject), отмеченные в 2017 г. золотой медалью на Международной выставке-конкурсе “Биоиндустрия” в Санкт-Петербурге (Патенты РФ № 2670054, № 2726653, № 2704423, № 2678123).

Использование антилизоцимной активности и биоплёнкообразования микроорганизмов в качестве биомаркеров позволило сформировать линейку индикаторных культур микроорганизмов, пригодных для оценки биологической активности новых пробиотиков мишень-направленного действия. Применение данных свойств в связи с новой коронавирусной инфекцией COVID-19 в настоящее время очень актуально, поскольку не меньшее значение приобретает проблема биоплёнкообразования микроорганизмов и их роль в развитии воспалительной патологии висцеральных органов и систем организма человека.

В перечень критериев оценки новых пробиотических штаммов была внесена впервые обнаруженная нами антипептидная (антицитокиновая) активность бифидобактерии [10] в отношении про- и противовоспалительных цитокинов – сигнальных медиаторов. С помощью оригинальной методики выявлены перспективные штаммы с выраженным иммунорегуляторным действием, которые могут быть использованы в качестве основы при создании противовоспалительных препаратов нового поколения. Полученные результаты создали предпосылки для введения новой трактовки понимания механизмов реализации воспалительной реакции и начальных этапов адаптивного иммунитета. Установлен прикладной аспект изучения бифидобактерий, которые

обладают бивалентным эффектом: с одной стороны, регулируют иммунитет, а с другой — снижают персистентный потенциал патогенов, что можно использовать для создания комбинированных биопрепаратов (синбиотиков, пробиотиков). Это актуально в решении вопросов борьбы с персистирующими и антибиотикорезистентными патогенами.

В других работах противовоспалительные свойства бифидобактерий связывают с наличием у них таких противовоспалительных белков, как ингибитор сериновой протеазы серпин [42], а также внеклеточных макромолекул — экзополисахаридов (EPS), образующих слой гликановой слизи в просвете кишечника [43]. Среди детерминант серин-треониновых протеинкиназ выявлен ген цитокинового рецептора FN3, специфически связывающего фактор некроза опухоли (ФНО)  $\alpha$  [44]. Воздействие провоспалительных цитокинов (ФНО $\alpha$  и интерлейкин-6) вызывало у *Bifidobacterium longum* экспрессию целого ряда генов, продукты которых реализуют противовоспалительный эффект [45]. На интегральном фенотипическом уровне эффект таких механизмов отражает комплексное участие бифидобактерий в регуляции факторов врождённого иммунитета, поддерживая баланс цитокинов и микробицидных веществ в биотопе толстого кишечника человека [10].

Таким образом, можно утверждать, что изучение экологической детерминации значительно расширяет понимание механизмов персистенции в организме человека бесценного помощника — кишечной микробиоты, находящейся на страже его здоровья.

\* \* \*

Рассмотренные характеристики микробиоты представляют совокупность условий, необходимых для экологической детерминации индигенных бифидобактерий в толстом кишечнике человека. Эволюционная надёжность микроорганизмов как симбионтов обеспечивается их генетическими особенностями, которые у бифидобактерий кишечника характеризуются *филогенетической удалённостью, консервативностью генома и метаболической специализацией*. Филогенетическая удалённость от большинства кишечных бактерий затрудняет процесс приобретения бифидобактериями факторов патогенности и антибиотикорезистентности. Консервативность генома и малое число генов сигнальных систем — свидетельство способности бифидофлоры к более простому адаптивному поведению в микросимбиозе и специализации данных микроорганизмов к занимаемому биотопу. Наряду с этим перечисленные выше параметры бифидобактерий *штаммспецифичны* и служат индивидуальным маркером штамма (“fingerprint”), внося вклад в понимание

адаптивной стратегии прокариот при ассоциативном симбиозе с человеком.

Непосредственное закрепление бактерии в биотопе организма хозяина реализуется, как правило, при наличии соответствующих факторов персистенции. У поверхности слизистой оболочки кишечника бактерии должны обладать выраженной способностью к адгезии и быть устойчивыми как минимум к лизоциму — универсальному природному антисептику. Это объясняет, почему бифидобактерии проявляют выраженную *лизоцимрезистентность*, а также демонстрируют способность к *специфической адгезии* к компонентам слизи и поверхности клеток кишечного эпителия. Не исключено, что дополнительным эволюционным свидетельством и фактором такой стабильности выступает *биохимическая специализация* бифидобактерий, выраженная в способности выделять уксусную кислоту, которая носит конститутивный характер, являясь продуктом их базового пути катаболизма.

Эволюционно длительному сосуществованию симбионтов способствует наличие у них уникальных свойств, имеющих ценность для хозяина, то есть особых *мутуалистических эффектов*. Понимание роли индигенной бифидофлоры при взаимодействии с хозяином и микросимбиозом иллюстрирует *ассоциативный симбиоз*. Установлено, что микробиота обеспечивает первичный отбор микросимбионтов, и делают это доминантные микроорганизмы — бифидобактерии. Первичная дискриминация чужеродного материала бифидобактериями — инициальный этап сигнала в регуляции иммунного гомеостаза хозяина. Дальнейшие этапы регуляции осуществляются активацией дендритных клеток непосредственно бифидобактериями и их метаболитами с последующим влиянием на дифференцировку наивных CD4<sup>+</sup> Т-лимфоцитов в сторону регуляторных лимфоцитов и поддержанием оптимального цитокинового баланса кишечного биотопа человека. Перечисленные конститутивные признаки индигенных видов бифидобактерий детерминируют их в качестве мутуалистически надёжного посредника в микросимбиозе кишечника и регулятора гомеостаза (здоровья) хозяина.

Представленный материал расширяет наши знания об условиях выживания и механизмах персистенции индигенных бифидобактерий кишечника человека, раскрывая их экологические особенности и новые физиологические эффекты в организме, что способствует пониманию патогенетической роли бифидофлоры. Практическое значение имеют и выявленные в процессе работы уникальные штаммы бифидобактерий, депонированные в отечественных и международных коллекциях и пригодные для терапевтических целей в качестве эффективных про- и симбиотиков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Комлев Н.Г. Словарь иностранных слов. М.: Эксмо, 2006.
2. O'Malley M.A. Everything is everywhere: but the environment selects: ubiquitous distribution and ecological determinism in microbial biogeography // Stud. Hist. Philos. Biol. Biomed. Sci. 2008. V. 39 (3). P. 314–325.
3. Gavrillets S. Fitness Landscapes and the Origin of Species (MPB-41). Princeton: Princeton University Press, 2004. <http://www.jstor.org/stable/j.ctv39x541>
4. Scanlan P.D. Microbial evolution and ecological opportunity in the gut environment // Proc. Biol. Sci. 2019. V. 286 (1915). P. 20191964.
5. Eloë-Fadrosh E.A., Rasko D.A. The human microbiome: from symbiosis to pathogenesis // Annu. Rev. Med. 2013. V. 64. P. 145–163.
6. Бухарин О.В., Перунова Н.Б. Микросимбиоз. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2014.
7. Yatsunenko T., Rey F.E., Manary M.J. et al. Human gut microbiome viewed across age and geography // Nature. 2012. V. 486 (7402). P. 222–227.
8. Baquero F., Nombela C. The microbiome as a human organ // Clin. Microbiol. Infect. 2012. V. 4. P. 2–4.
9. van Reenen C.A., Dicks L.M.T. Horizontal gene transfer amongst probiotic lactic acid bacteria and other intestinal microbiota: what are the possibilities? A review // Arch. Microbiol. 2011. V. 193 (3). P. 157–168.
10. Бухарин О.В., Перунова Н.Б., Иванова Е.В. Бифидофлора при ассоциативном симбиозе человека. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2014.
11. Hu Y., Yang X., Li J. et al. The Bacterial Mobile Resistome Transfer Network Connecting the Animal and Human Microbiomes // Appl. Environ. Microbiol. 2016. V. 82 (22). P. 6672–6681.
12. Андриященко С.В., Иванова Е.В., Перунова Н.Б. и др. Генетическая характеристика адаптивного потенциала бифидобактерий биотопа дистального отдела кишечника человека // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2018. № 4. С. 4–11.
13. Mancino W., Lugli G.A., Sinderen D.V. et al. Mobilome and Resistome Reconstruction from Genomes Belonging to Members of the Bifidobacterium Genus // Microorganisms. 2019. V. 7 (12). P. 638.
14. Bukharin O.V., Andryushchenko S.V., Perunova N.B. et al. Genome sequence data announcement of *Bifidobacterium bifidum* strain ICIS-202 isolated from a healthy human intestine stimulating active nitrogen oxide production in macrophages // Data Brief. 2019. V. 27. P. 104761.
15. Wolf Y.I., Koonin E.V. Genome reduction as the dominant mode of evolution // Bioessays. 2013. V. 9. P. 829–837.
16. Wong C.B., Odamaki T., Xiao J.Z. Insights into the reason of Human-Residential Bifidobacteria (HRB) being the natural inhabitants of the human gut and their potential health-promoting benefits // FEMS Microbiol. Rev. 2020. V. 44. P. 369–385.
17. Galperin M.Y., Higdon R., Kolker E. Interplay of heritage and habitat in the distribution of bacterial signal transduction systems // Mol. BioSyst. 2010. V. 6 (4). P. 721–728.
18. Tavender T.J., Halliday N.M., Hardie K.R., Winzer K. LuxS-independent formation of AI-2 from ribulose-5-phosphate // BMC Microbiol. 2008. V. 8. P. 98.
19. Rodriguez C.I., Martiny J.B.H. Evolutionary relationships among bifidobacteria and their hosts and environments // BMC Genomics. 2020. V. 21 (1). P. 26.
20. Duranti S., Longhi G., Ventura M. et al. Exploring the Ecology of Bifidobacteria and Their Genetic Adaptation to the Mammalian Gut // Microorganisms. 2020. V. 9 (1). P. 8.
21. Sims I.M., Tannock G.W. Galacto- and Fructo-oligosaccharides Utilized for Growth by Cocultures of Bifidobacterial Species Characteristic of the Infant Gut // Appl. Environ. Microbiol. 2020. V. 86 (11). e00214–20.
22. Tyakht A.V., Kostyukova E.S., Popenko A.S. et al. Human gut microbiota community structures in urban and rural populations in Russia // Nat. Commun. 2013. V. 4. P. 2469.
23. Rada V., Splichal I., Rockova S. et al. Susceptibility of bifidobacteria to lysozyme as a possible selection criterion for probiotic bifidobacterial strains // Biotechnol. Lett. 2010. V. 32 (3). P. 451–455.
24. Андриященко С.В., Перунова Н.Б., Бухарин О.В. Молекулярные механизмы взаимодействия бактерий с лизоцимом и их роль в микросимбиозе // Успехи современной биологии. 2015. Т. 135 (5). С. 453–463.
25. Sakurai T., Hashikura N., Minami J. et al. Tolerance mechanisms of human-residential bifidobacteria against lysozyme // Anaerobe. 2017. V. 47. P. 104–110.
26. Minami J., Odamaki T., Hashikura N. et al. Lysozyme in breast milk is a selection factor for bifidobacterial colonisation in the infant intestine // Benef. Microbes. 2016. V. 7 (1). P. 53–60.
27. Martín R., Bottacini F., Egan M. et al. The Infant-Derived *Bifidobacterium bifidum* Strain CNCM I-4319 Strengthens Gut Functionality // Microorganisms. 2020. V. 8 (9). P. 1313.
28. Westermann C., Gleinser M., Corr S.C., Riedel C.U. A Critical Evaluation of Bifidobacterial Adhesion to the Host Tissue // Front Microbiol. 2016. V. 7. P. 1220.
29. Turroni F., Serafini F., Foroni E. et al. Role of sortase-dependent pili of *Bifidobacterium bifidum* PRL2010 in modulating bacterium-host interactions // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2013. V. 110 (27). P. 11151–11156.
30. Takemoto K., Yoshitake I. Limited influence of oxygen on the evolution of chemical diversity in metabolic networks // Metabolites. 2013. V. 3 (4). P. 979–992.
31. Friedman E.S., Bittinger K., Esipova T.V. et al. Microbes vs. chemistry in the origin of the anaerobic gut lumen // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2018. V. 115 (16). P. 4170–4175.
32. Talwalkar A., Kailasapathy K. Metabolic and biochemical responses of probiotic bacteria to oxygen // J. Dairy Sci. 2003. V. 86 (8). P. 2537–2546.
33. Feng T., Wang J. Oxidative stress tolerance and antioxidant capacity of lactic acid bacteria as probiotic: a systematic review // Gut Microbes. 2020. V. 12 (1). P. 1801944.

34. Heinken A., Thiele I. Systems biology of host-microbe metabolomics // Wiley Interdiscip. Rev. Syst. Biol. Med. 2015. V. 7 (4). P. 195–219.
35. Milani C., Lugli G.A., Duranti S. et al. Bifidobacteria exhibit social behavior through carbohydrate resource sharing in the gut // Sci. Rep. 2015. V. 5. P. 15782.
36. Rivière A., Selak M., Lantin D. et al. Bifidobacteria and Butyrate-Producing Colon Bacteria: Importance and Strategies for Their Stimulation in the Human Gut // Front Microbiol. 2016. V. 7. P. 979.
37. Rios-Covian D., Cuesta I., Alvarez-Buylla J.R. et al. Bacteroides fragilis metabolises exopolysaccharides produced by bifidobacteria // BMC Microbiol. 2016. V. 16 (1). P. 150.
38. Бухарин О.В., Андрющенко С.В., Перунова Н.Б., Иванова Е.В. Механизм персистенции индигенных бифидобактерий под действием ацетата в кишечном биотопе человека // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2021. № 3. С. 276–282.
39. Fukuda S., Toh H., Taylor T.D. et al. Acetate-producing bifidobacteria protect the host from enteropathogenic infection via carbohydrate transporters // Gut Microbes. 2012. V. 3 (5). P. 449–454.
40. Sun Y., O’Riordan M.X. Regulation of bacterial pathogenesis by intestinal short-chain Fatty acids // Adv. Appl. Microbiol. 2013. V. 85. P. 93–118.
41. Бухарин О.В., Стадников А.А., Перунова Н.Б. Роль окситоцина и микробиоты в регуляции взаимодействий про- и эукариот при инфекции. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2019.
42. Alvarez-Martin P., Fernández M., O’Connell-Motherway M. et al. A conserved two-component signal transduction system controls the response to phosphate starvation in *Bifidobacterium breve* UCC2003 // Appl. Environ. Microbiol. 2012. V. 78 (15). P. 5258–5269.
43. Ferrario C., Milani C., Mancabelli L. et al. Modulation of the eps-ome transcription of bifidobacteria through simulation of human intestinal environment // FEMS Microbiol. Ecol. 2016. V. 92 (4). P. fiw056.
44. Dyakov I.N., Mavletova D.A., Chernyshova I.N. et al. FN3 protein fragment containing two type III fibronectin domains from *B. longum* GT15 binds to human tumor necrosis factor alpha *in vitro* // Anaerobe. 2020. V. 65. P. 102247.
45. Veselovsky V.A., Dyachkova M.S., Menyaylo E.A. et al. Gene Networks Underlying the Resistance of *Bifidobacterium longum* to Inflammatory Factors // Front Immunol. 2020. V. 11. P. 595877.

# МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ В ЭПОХУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МАШИН

© 2022 г. А. А. Акаев<sup>а,\*</sup>, В. А. Садовничий<sup>а,\*\*</sup>

<sup>а</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

\*E-mail: askarakaev@mail.ru

\*\*E-mail: p930@rector.msu.ru

Поступила в редакцию 18.03.2022 г.

После доработки 04.04.2022 г.

Принята к публикации 10.05.2022 г.

В статье рассматриваются глобальный демографический переход и феноменологические модели демографической динамики С.П. Капицы и Б.М. Долгоносова, построенные исходя из принципов демографического и информационного императивов. Анализируется технологический императив, который является промежуточным между двумя первыми.

Авторы предлагают оригинальную математическую модель для прогнозирования демографической динамики в эпоху широкого использования интеллектуальных машин. Модель построена с использованием демографической модели С.П. Капицы и формулы производства полезной информации в человеческом обществе, основанной на допущении С. Кузнецова о технологическом прогрессе. Расчёты, выполненные по данной модели, показывают, что численность населения Земли, достигнув в 2050 г. максимальной величины 8.37 млрд человек, затем начнёт неуклонно сокращаться и к 2100 г. не превысит 7.9 млрд человек.

**Ключевые слова:** взрывной рост человечества, демографический переход, демографический, технологический и информационные императивы, феноменологические модели демографической динамики, демографический прогноз в эпоху интеллектуальных машин.

DOI: 10.31857/S0869587322090031

В 1960 г. в журнале “Science” было опубликовано удивительное открытие, сделанное Х. фон Ферстером, П. Мора и Л. Амиотом [1], которые

показали, что имеющиеся данные о численности населения Земли  $N$  между 1-м и 1958 г. с необычайно высокой точностью могут быть описаны квазигиперболической функцией с точкой сингулярности 13 ноября 2026 г.:

$$N(t) = \frac{C}{(T_s - t)^{0.99}}; \quad T_s = 2026.87 \text{ г.}, \quad (1)$$

$$C \cong 200 \times 10^9 \text{ чел. год.}$$

Отсюда следовало, что в день наступления сингулярности  $T_s$  численность населения Земли должна была стать бесконечно большой. Однако именно в начале 1960-х годов ускоренный рост населения мира (1) спонтанно сменился режимом замедления за счёт одновременного понижения уровней рождаемости и смертности. Так начался глобальный демографический переход исключительно эндогенного происхождения, который продлится вплоть до 2050-х годов. Процесс этот хорошо известен, поскольку челове-



АКАЕВ Аскар Акаевич — доктор технических наук, иностранный член РАН, главный научный сотрудник ИМИСС МГУ им. М.В. Ломоносова. САДОВНИЧИЙ Виктор Антонович — академик РАН, ректор МГУ им. М.В. Ломоносова.

ство переживает его на уровне отдельных стран в течение последних 235 лет. На смену ускоряющегося роста численности населения режимом замедления с последующей стабилизацией впервые указал французский демограф А. Ландри [2] применительно к населению Франции, где эта тенденция начала проявляться около 1795 г.

Большинство развитых стран, а также ряд периферических развивающихся, например Китай и Индия, совершили демографический переход в XIX–XX вв. Во многих развивающихся странах этот процесс только начинается, но ожидается, что он пройдёт в ускоренном темпе и его продолжительность составит 35–45 лет, вместо 70–90 лет как было ранее. Демографическому переходу во всех странах предшествовало резкое увеличение скорости и темпов роста численности населения, которое затем сменялось столь же стремительным замедлением темпов роста, хотя скорость продолжала расти десятилетиями. В процессе демографического перехода за короткий исторический промежуток времени всего в несколько десятилетий население страны увеличивалось от трёх до семи раз, а затем стабилизировалось в достигнутой численности. Демографический переход, как правило, сопровождался значительным научно-техническим прогрессом, ростом производительных сил, подъёмом культуры и образования, а также миграцией больших масс населения из сёл в города. Нет сомнения в том, что демографическая динамика по-прежнему остаётся главной движущей силой мирового развития и в первой половине XXI столетия.

В 1960-е годы начались активные поиски феноменологических моделей для объяснения механизма квазигиперболического роста человечества (1) и последующего демографического перехода, призванного стабилизировать его численность. Здесь следует отметить, что несколько позже Дж. фон Хернер [3] показал, что динамику численности населения Земли в период с 1 по 1958 г. целесообразно аппроксимировать чисто гиперболической функцией:

$$N(t) = \frac{C}{T_S - t}; \quad (2)$$

$$T_S = 2025 \text{ г.}, \quad C \cong 200 \times 10^9 \text{ чел. год.}$$

Данная функция является решением следующего простейшего нелинейного дифференциального уравнения:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{N^2}{C} = bN^2; \quad b = \frac{1}{C}. \quad (3)$$

Верификация гиперболической закономерности (2) с наиболее точными эмпирическими оценками численности населения мира, выполненная К. Мак-Эведи и Р. Джоунсом [4] для пе-

риода 1000–1950 гг., показала, что она объясняет 99.6% демографической динамики за этот период.

Существенную роль в интерпретации механизма гиперболического роста человечества (2) сыграло открытие С. Кузнецом [5] и Э. Бозеруп [6] того факта, что темпы технологического прогресса  $T$  исторически повышались пропорционально численности населения Земли:

$$q_T = \frac{dT}{Tdt} = cN, \quad c = \text{const}. \quad (4)$$

Это означало, что рост численности населения приводил к повышению уровня жизнеобеспечивающих технологий, а последнее, в свою очередь, увеличивало несущую способность Земли, делая возможным дальнейший рост населения мира. То есть здесь имеет место механизм ускоряющегося увеличения численности населения мира посредством положительной обратной связи в форме технологического прогресса.

Первой феноменологической моделью, описывающей как гиперболический рост человечества, так и последующий демографический переход, стала знаменитая модель С.П. Капицы [7]. Он исходил из принципа демографического императива, означающего, что численный рост человечества определяется исключительно самим населением мира и развитием его общественного сознания. Для обоснования этого принципа Капица использовал кооперативный механизм управления развитием человечества, основанный на распространении и использовании информации в человеческом обществе как глобальном сетевом информационном сообществе, мерой которого является квадрат численности населения [8]. Поэтому он исходил из квадратичной зависимости (3) для скорости роста населения, решением которой является гиперболическая функция (2) с сингулярностью в момент времени  $t = T_S$ . В реальности же происходит смена взрывного роста (2) режимом стабилизации. В нашем конкретном случае – это текущий глобальный демографический переход.

Для того чтобы описать демографический переход, Капица подверг регуляризации квадратичное уравнение (3), преобразованное подстановкой в его правую часть функции (2) и введением в неё характерного времени жизни человека  $\tau$ , ограничивающего скорость роста населения, и нашёл его решение [7; 8, с. 22]:

$$a) \frac{dN}{dt} = \frac{C}{(T_1 - t)^2 + \tau^2}; \quad б) N = K^2 \text{arcctg} \left( \frac{T_1 - t}{\tau} \right); \quad (5)$$

$$в) K^2 = \frac{C}{\tau}.$$

Используя данные мировой демографической статистики, Капица подсчитал численные значения постоянных параметров в формуле (5б), опи-

сывающей режим роста населения мира со стабилизацией его численности:  $C = 163 \times 10^9$  чел. год;  $K = 60100$  чел<sup>1/2</sup>;  $\tau = 45$  лет;  $T_1 = 1995$  г. При этих значениях параметров из формулы (5б) следует, что численность населения мира асимптотически стремится к значению  $N_{\max} = \pi K^2 = 11.36$  млрд человек. Таким образом, формула Капицы (5б) описывает эволюционный демографический переход со стабилизацией численности населения мира и справедлива при допущении неограниченной несущей способности биосферы Земли. Следовательно, формула Капицы (5б) описывает верхнюю границу потенциально возможной максимальной численности населения мира в XX и XXI вв.

С.П. Капица показал, что рост населения Земли можно описать математически (5), не вводя никаких дополнительных переменных кроме самой численности населения  $N(t)$ , опираясь исключительно на демографический императив, согласно которому глобальные социальные, исторические, технологические, экономические и культурные процессы подстраиваются к изменению численности населения Земли. Эта величина играет роль ведущей медленной переменной, называемой в синергетике параметром порядка, подчиняющим все остальные переменные. Отсюда следует, что демографическая динамика играет первостепенную и решающую роль в истории развития человеческого общества.

Развивая идеи Капицы, Б.М. Долгонос [9] предложил информационную концепцию динамики численности населения мира, дополнив демографический императив Капицы информационным императивом, в соответствии с которым глобальный демографический процесс сам подстраивается под изменение объёма накопленной человечеством информации. Причём численность населения мира, по Долгоносову, определяется скоростью производства информации  $Q$  [9, с. 49]:

$$q(t) = \frac{dQ}{dt} = \omega N(t), \quad (6)$$

где  $\omega$  — средняя скорость переработки информации человеком. Модель Долгоносова [9] оказалась более гибкой и совершенной, поскольку она позволяет генерировать все основные сценарии развития демографической динамики — как непрерывный рост и спад со стабилизацией, так и колебательный режим стабилизации, что демонстрирует преимущества информационного императива.

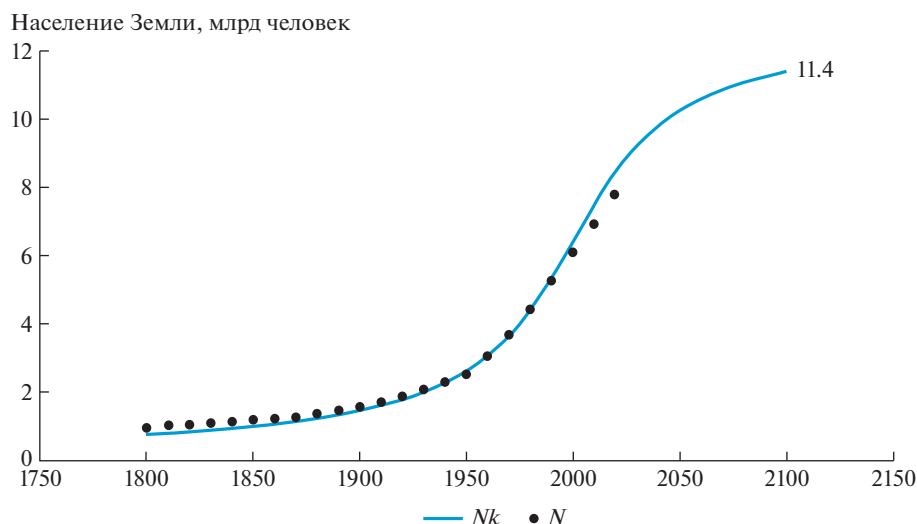
Ряд авторов, в частности М. Кремер [10] и А.В. Подлазов [11], отдаёт предпочтение технологическому императиву, предполагая демографическую динамику подчинённой именно ему, хотя

его роль трактуется по-разному. По Кремеру, технология — это прежде всего средство для производства продуктов жизнеобеспечения (пищи, одежды и т.д.), тогда как Подлазов считает, что она играет жизнесберегающую роль, снижая смертность и продлевая жизнь, безотносительно тому, каким образом это достигается. Однако оба эти автора опираются на одно и то же технологическое уравнение (4), вытекающее из допущения Кузнеця—Бозеруп. Кремер говорит о расширении ресурсной ниши, которое следует из производственной функции Кобба—Дугласа благодаря повышению в ней уровня технологий ( $T$ ), что открывает возможность для дальнейшего увеличения численности населения. Подлазов же исходит из того, что численность человечества определяется размером созданной им технологической ниши, то есть  $N \sim P$ , где  $P$  — уровень жизнесберегающих технологий. Следовательно, рост населения обусловлен расширением технологической ниши человечеством вследствие развития им жизнесберегающих технологий. Очевидно, что в обоих случаях именно информация является первичным императивом, поскольку только накопление знаний, в том числе в форме полезной технологической информации, определяет развитие как жизнеобеспечивающих, так и жизнесберегающих технологий [9, с. 80].

Другие модели демографической динамики, достаточно точно описывающие как стадию гиперболического роста, так и демографический переход, подробно рассмотрены в работах [11, 12]. Все они после окончания процесса демографического перехода предполагают выход на определённый стационарный уровень численности населения Земли — в диапазоне от 5.2 до 11.4 млрд человек. Однако в последнее время появились работы, в которых утверждается, что несоблюдение экологического императива приведёт к постепенному и неуклонному сокращению численности населения Земли вплоть до его полного исчезновения. Например, в эколого-демографической модели Бологни—Акино [13] это происходит под влиянием хищнического процесса вырубki лесов планеты, как это предположительно произошло с жителями острова Пасхи. В настоящей работе мы показываем, что сокращение численности населения Земли после достижения определённого максимального значения может произойти эволюционным путём вследствие широкого использования интеллектуальных машин (ИМ) — компьютеров и роботов с элементами искусственного интеллекта.

Долгонос сформулировал информационную парадигму в следующей убедительной форме: “Информация представляет собой самостоятельную развивающуюся сущность, которая на разных этапах своей эволюции может использовать разные виды производителей и базироваться на





**Рис. 1.** Динамика роста численности населения Земли в XIX–XX вв. с прогнозом на XXI век  
Кривая — по С.П. Капице, точки — фактическая

разных носителях” [9, с. 51]. Если исходить из данного определения, то именно информация выступает в качестве движущей силы эволюции, выбирая среди разных конкурирующих видов наиболее производительные и регулируя их численность. До последнего времени самым производительным видом являлся человек. Но теперь у человека появились конкуренты в виде ИМ, которые в ряде областей, связанных с анализом, обработкой и производством информации, уже превосходят человека. Поэтому можно предположить, что ИМ будут не только отбирать у людей квалифицированные рабочие места, но и способствовать сокращению численности населения Земли, выполняя всё большую часть работы по производству и использованию информации.

Сформулируем модель для прогнозирования демографической динамики в информационно-цифровую эпоху. Выше мы уже отмечали, что формула Капицы (5б) описывает верхнюю границу потенциально возможной максимальной численности населения мира в XX–XXI вв. в условиях эволюционного развития:

$$N_K(t) = K^2 \operatorname{arccctg} \left( \frac{T_1 - t}{\tau} \right), \quad (7)$$

где  $K = 64000$ ;  $\tau = 37$ ;  $T_1 = 2000$  г.

Траектория демографической динамики, рассчитанная по формуле Капицы (7), с параметрами, нормированными по фактическим данным численности населения мира за весь индустриальный период (1800–2000), наряду с фактической кривой роста численности населения мира вплоть до сегодняшнего дня (1800–2020) представлена на рисунке 1. Как видим, демографическая кривая Капицы оторвалась от фактической

сразу же после 2000 г., то есть с началом информационной эпохи, которая стартовала с появлением Интернета (1991) — всемирной информационной сети, резко повысившей скорость производства информации человеческим сообществом. Как известно, с 1950-х годов часть работы по анализу, обработке и производству информации передаётся компьютерам, затем информационно-коммуникационным технологиям (ИКТ), а теперь ИМ и далее будет передаваться ИИ, причём во всё возрастающем объёме. Соответственно востребованная информационным императивом численность населения  $N_H$  уменьшается, то есть  $N_H < N_K$ , что и показано на рисунке 1. В дальнейшем этот процесс будет только усиливаться.

Таким образом, переход от информации к её производителям можно осуществить по формуле (6), где  $N(t) = N_K(t)$ :

$$q(t) = \frac{dQ}{dt} = \omega N_K(t). \quad (8)$$

Здесь  $N_K(t)$  — численность носителей и производителей информации, включая людей и ИМ. Причём в данной формуле информация выступает в качестве движущей силы эволюции, выбирая производителей информации как среди людей, так и ИМ. С другой стороны, согласно Кремеру [10], рост численности населения Земли на протяжении всей истории человечества определялся техническим прогрессом (4). В работе [12] было показано, что в качестве индекса технологического развития наиболее подходящей величиной является общее число изобретений и открытий  $Q(t)$ , сделанных к интересующему моменту времени  $t$ , то есть  $T(t) \sim Q(t)$ ; этот индекс одновременно ха-



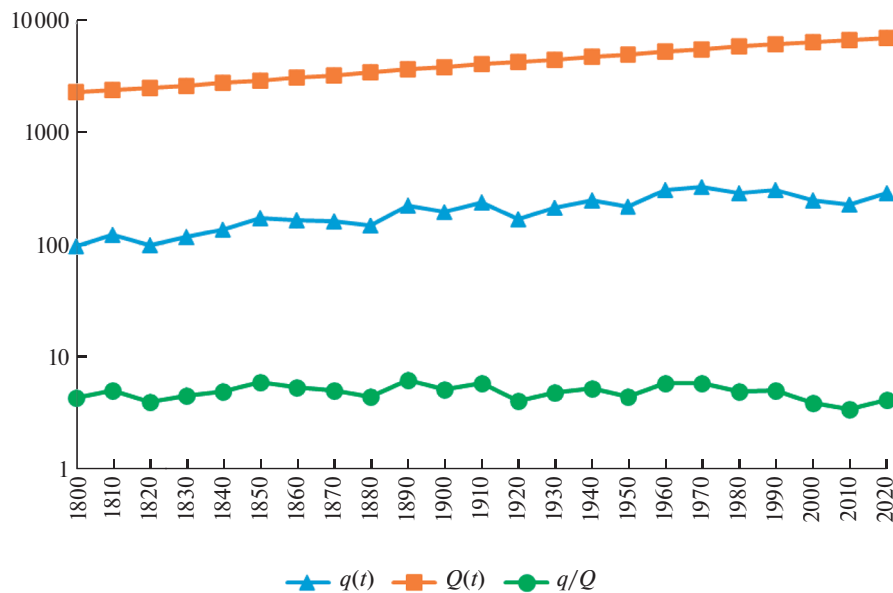


Рис. 2. Глобальная динамика количества изобретений и открытий в индустриальную (1800–1980) и информационную (с 1980 г.) эпохи

рактизует и объём технологической информации в формуле (8). Важно, что для изобретений и открытий, сделанных человечеством с древнейших времён, имеются надёжные базы данных, наиболее полной из которых считается база данных, составленная А. Хеллемансом и Б. Банчем [14]. Следовательно, формулу Кузнецова–Кремера (4) можно записать в следующем виде:

$$q_T(t) = q_Q(t) = \frac{dQ}{dt} = cN_H(t). \quad (9)$$

Здесь  $N_H(t)$  — характеризует исключительно динамику численности населения.

Отметим, что сама формула Кузнецова–Кремера (4) была впервые верифицирована в работе [12] именно с использованием упомянутой базы данных А. Хеллеманса и Б. Банча, которая была уточнена, дополнена, калибрована и доведена до 2005 г. Л.Е. Грининым [15], в дальнейшем — А.В. Коротяевым, С.Ю. Малковым и Л.Е. Грининым, а также их коллегами вплоть до 2020 г. Графики функций  $q(t)$  и  $Q(t)$ , построенные по данным уточнённой и дополненной базы Хеллеманса и Банча, показаны на рисунке 2 в логарифмическом масштабе. Однако нас главным образом интересуют скорость  $q(t)$  (8) и темпы технического прогресса  $q_Q(t)$  (9), которые представлены в обычном масштабе на рисунках 3 и 4.

Из уравнений (8) и (9) получаем тождественное соотношение между  $N_H(t)$  и  $N_K$ :

$$N_H(t) = \frac{\omega N_K(t)}{c Q(t)} = \gamma \frac{N_K(t)}{Q(t)}, \quad (10)$$

где  $\gamma$  — нормировочный коэффициент, который определяется методом наименьших квадратов (м.н.к.) из условия совпадения  $N_H(t)$  на стадии информационной эпохи (1980–2020) с фактическими данными численности населения мира, которые представлены на рисунке 1 дискретными точками. Что касается  $N_K(t)$ , то её траектория уже рассчитана по формуле (7) и представлена графически (см. рис. 1).

Прежде чем воспользоваться уравнением (10) для расчёта траектории движения  $N_H(t)$ , необходимо аппроксимировать ломаную кривую, проходящую через фактические значения  $q(t)$  (см. рис. 3), гладкой непрерывной функцией. Как видно из данного графика, дискретная функция  $q(t)$  имела тенденцию к повышению в течение всей индустриальной эпохи (1750–1980) и начала стабилизироваться к её завершению, чтобы достичь уровня насыщения в информационно-цифровую эпоху (1980–2050). Естественно предположить, что аппроксимирующая функция принадлежит к классу S-образных функций. Поэтому мы прежде всего воспользовались простейшей логистической функцией:

$$\bar{q}(t) = \frac{q_m}{1 + \mu \cdot \exp[-\vartheta(t - T_0)]}, \quad (11)$$

где  $q_m$ ,  $\mu$ ,  $\vartheta$  и  $T_0$  — постоянные параметры. Определив с помощью метода наименьших квадратов наилучшие оценки величин указанных параметров, получили:

$$\begin{aligned} q_m &= 346; & \mu &= 0.68; \\ \vartheta &= 0.012; & T_0 &= 1903 \text{ г.} \end{aligned} \quad (11a)$$

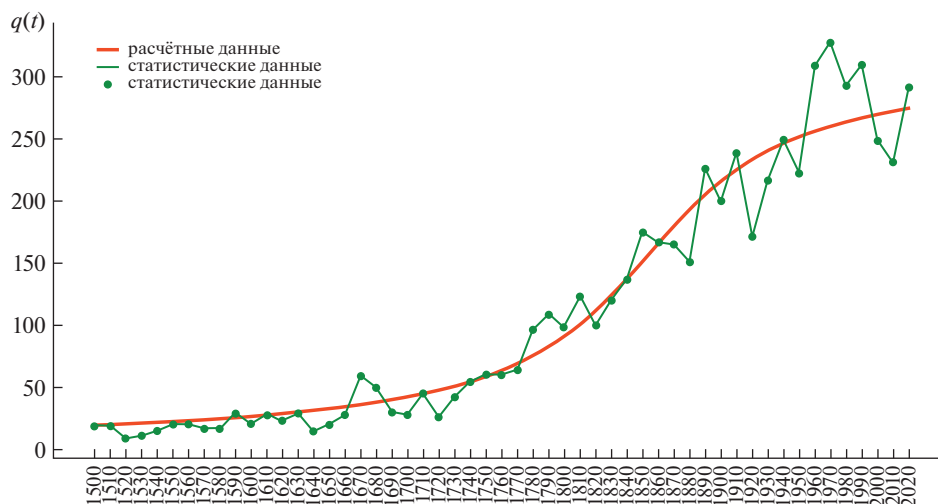


Рис. 3. Графики движения глобальной скорости роста количества изобретений и открытий  $q(t)$  — фактическая ломаная кривая,  $\bar{q}(t)$  — аппроксимирующая гладкая кривая

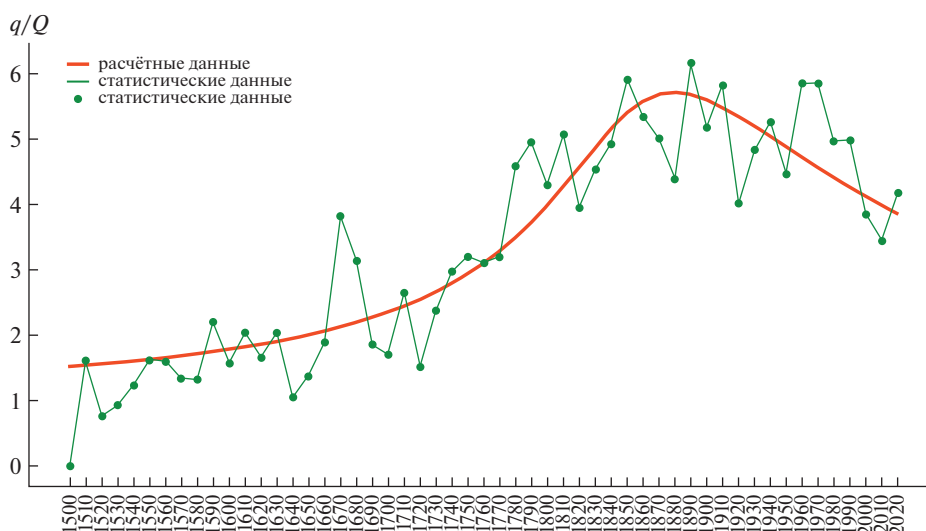


Рис. 4. Графики движения глобальных темпов роста количества изобретений и открытий  $q_Q(t)$  — фактическая ломаная кривая,  $\bar{q}_Q(t)$  — аппроксимирующая гладкая кривая

при значении коэффициента корреляции  $R = 0.98$  и  $R^2 = 0.95$ . Столь высокое значение коэффициента корреляции свидетельствует о правильном выборе типа аппроксимирующей функции (11).

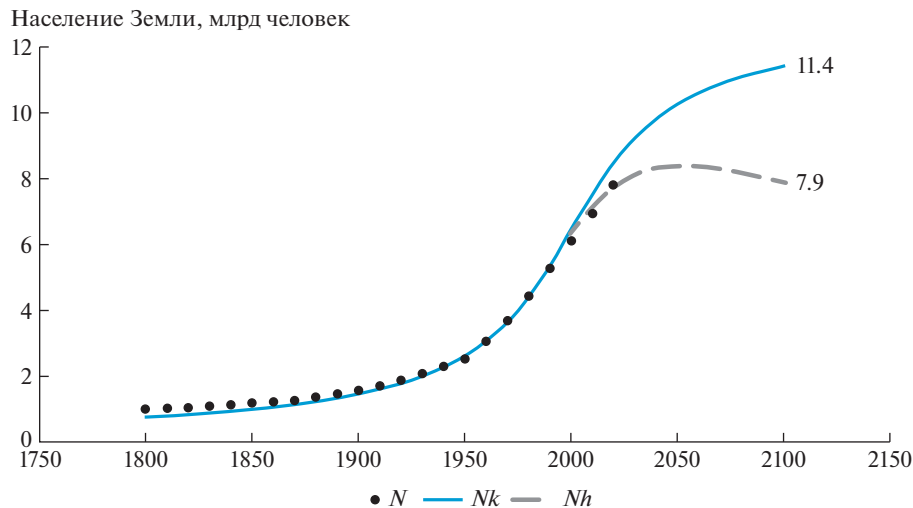
Для сравнения проводилась аппроксимация с помощью формулы Капицы (56):

$$\bar{q}(t) = \bar{K}^2 \operatorname{arccctg} \left( \frac{\bar{T}_K - t}{\bar{\tau}} \right). \quad (12)$$

С помощью метода наименьших квадратов были получены следующие оценки для постоянных параметров:

$$\begin{aligned} \bar{K} &= 10; \quad \bar{\tau} = 69; \quad \bar{T}_K = 1854; \\ R &= 0.98; \quad R^2 = 0.95. \end{aligned} \quad (12a)$$

Как видим, обе S-образные функции (11) и (12) одинаково хорошо аппроксимируют фактические данные. Однако, как выяснилось, функция (12) одновременно идеально аппроксимирует  $Q(t)$  и  $q_Q(t)$ , тогда как логистическая функция (11) — несколько хуже. Поэтому мы остановили свой выбор аппроксимирующей функции на формуле (12), которая и представляет гладкую траекторию роста  $\bar{q}(t)$  на рисунке 3. Определим  $\bar{Q}(t)$  и  $\bar{q}_Q(t)$ . Учитывая (8) и (9) получаем:



**Рис. 5.** Демографическая динамика мира в XXI в. под влиянием широкого использования интеллектуальных машин. Максимальная численность населения мира (8.37 млрд человек) будет достигнута в 2050 г.

$$\begin{aligned}
 a) \quad \bar{Q}(t) &= Q_0 + \int_{T_0}^t q(t') dt' = Q_0 + \int \bar{K}^2 \operatorname{arccctg} \left( \frac{\bar{T}_K - t'}{\bar{\tau}} \right) dt' = \\
 &= Q_0 + \bar{K}^2 \left\{ (\bar{T}_K - t) \operatorname{arccctg} \left( \frac{\bar{T}_K - t}{\bar{\tau}} \right) + \frac{\bar{\tau}}{2} \ln[\bar{\tau}^2 + (\bar{T}_K - t)^2] - \right. \\
 &\quad \left. - (\bar{T}_K - T_0) \operatorname{arccctg} \left( \frac{\bar{T}_K - T_0}{\bar{\tau}} \right) - \frac{\bar{\tau}}{2} \ln[\bar{\tau}^2 + (\bar{T}_K - T_0)^2] \right\} \quad (13)
 \end{aligned}$$

$$b) \quad \bar{q}_Q(t) = \frac{\bar{q}(t)}{\bar{Q}(t)} = \frac{\bar{K}^2}{\bar{Q}(t)} \operatorname{arccctg} \left( \frac{\bar{T}_K - t}{\bar{\tau}} \right).$$

Последняя функция (13б) описывает гладкую кривую  $\bar{q}_Q(t)$ , характеризующую усреднённую траекторию темпов роста технологического прогресса, которая представлена на рисунке 4.

Остаётся рассчитать прогнозную траекторию движения численности населения Земли  $N_H(t)$  в эпоху широкого применения ИМ, пользуясь уравнением (10) и формулами (7) и (13а) для  $N_K(t)$  и  $Q(t)$  соответственно. Нормировочный коэффициент  $\gamma$  определяется методом наименьших квадратов из условия совмещения  $N_H$  на стадии информационной эпохи (1990–2020) с фактическими данными  $N(t)$  (см. рис. 1). Получена оценка:  $\gamma \cong 6414$ . Прогнозная траектория движения численности населения мира в цифровую эпоху (2022–2100), рассчитанная по формуле (10), представлена на рисунке 5. Как видим, численность населения Земли, достигнув в 2050 г. максимальной величины 8.37 млрд человек, затем начнёт неуклонно сокращаться, снизившись к 2100 г. до 7.9 млрд. В работе [16] мы предложили гибкую и эффективную модель демографической динамики для расчёта режимов роста численно-

сти населения мира (страны) с достижением некоторого пикового значения и последующим сокращением и дальнейшей стабилизацией вокруг определённого стационарного значения как в апериодической, так и колебательной форме. Но вопрос о возможности стабилизации численности населения в рамках настоящей модели остаётся открытым.

Таким образом, в эпоху широкого использования интеллектуальных машин население мира, достигнув определённой максимальной численности, начнёт неуклонно сокращаться, поскольку востребованная информационной парадигмой его численность меньше в силу того, что всё возрастающая часть работы по производству, анализу, переработке и использованию информации будет передаваться ИМ. Поэтому человечество должно предпринять решительные меры, чтобы противодействовать процессу информационной депопуляции, прежде всего путём преодоления нынешнего чрезмерного социального неравенства и обеспечения максимального роста человеческого капитала на основе всемерного повышения качества доступного образования и здравоохранения, а также трудового симбиоза “человек плюс ИМ”, сберегающего работу для людей и повышающего общую производительность [17]. На тот факт, что использование искусственного интеллекта повлечёт за собой сокращение численности мирового населения, уже указывали некоторые исследователи, в частности в книге [18], где это явление рассматривалось на качественном уровне.

## ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена в Институте математических исследований сложных систем МГУ им. М.В. Ломоносова при поддержке гранта Российского научного фонда 20-61-46004 по проекту «Мировое развитие и “пределы роста” в 21 веке: моделирование и прогноз».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Foerster H. von, Mora P., Amiot L. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026 // *Science*. 1960. V. 132. P. 1291–1295.
2. Landry A. et al. *Traite de demographie*. Paris: Payot, 1945.
3. Hoerner S.J. von. Population Explosion and Interstellar Expansion // *Journal of the British Interplanetary Society*. 1975. V. 28. P. 691–712.
4. McEvedy C., Jones R. *Atlas of World Population History*. New York: Facts on File, 1978.
5. Kuznets S. *Population Change and Aggregate Output // Demographic and Economic Change in Developed Countries*. Princeton, New York: Princeton University Press, 1960. P. 324–340.
6. Boserup E. *The Conditions of Agricultural Growth: The Economics of Agrarian Change under Population Pressure*. Chicago, IL: Aldine, 1965.
7. Капица С.П. Математическая модель роста населения мира // *Математическое моделирование*. 1992. № 6. С. 65–79.
8. Капица С.П. *Очерк теории роста человечества. Демографическая революция и информационное общество*. М.: Никитский клуб, 2008.
9. Долгонос Б.М. *Нелинейная динамика экологических и гидрологических процессов*. М.: ЛИБРОКОМ, 2009.
10. Kremer M. Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990 // *The Quarterly Journal of Economics*. 1993. V. 108. P. 681–716.
11. Подлазов А.В. Теория глобального демографического прогресса // *Вестник РАН*. 2017. № 6. С. 520–531.
12. Коротаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. *Законы истории. Математическое моделирование развития Мир-Системы. Демография, экономика, культура*. М.: КомКнига, 2007.
13. Bologna M., and Aquino G. Deforestation and world population sustainability: a quantitative analysis // *Scientific Reports*. 2020. 10: 7631. <https://doi.org/10.1038/341598-020-63657-6>
14. Hellemans A., and B. Bunch. *The Timetables of Science*. New York: Simon and Schuster, 1. 1988.
15. Гринин Л.Е. Теоретико-математические модели периодизации исторического процесса // *История и математика: проблемы периодизации*. М.: URSS, 2006.
16. Акаев А.А., Садовнический В.А. Математическая модель демографической динамики со стабилизацией численности населения мира вокруг стационарного уровня // *Доклады АН*. 2010. № 3. С. 320–324.
17. Акаев А.А., Садовнический В.А. Человеческий фактор как определяющий производительность труда в эпоху цифровой экономики // *Проблемы прогнозирования*. 2021. № 1. С. 45–58.
18. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. *Энергия и прогнозы мирового развития: тенденции и закономерности*. М.: Изд. дом МЭИ, 2020.

## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ КИТАЯ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ САНКЦИЙ США

© 2022 г. Е. О. Заклязьминская<sup>а,\*</sup>

<sup>а</sup>Национальный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений  
имени Е.М. Примакова РАН, Москва, Россия

\*E-mail: [ekaterina.zakl@gmail.com](mailto:ekaterina.zakl@gmail.com)

Поступила в редакцию 16.02.2022 г.

После доработки 22.02.2022 г.

Принята к публикации 10.05.2022 г.

С начала XXI в. Китай форсирует переход к инновационной экономике. Ряд прорывных изобретений китайских инженеров и конструкторов продемонстрировал, что эта страна — не только “мировая фабрика”, но и конкурентоспособный разработчик высокотехнологичной продукции. Развитие Китая начало угрожать технологическому лидерству стран Запада.

В статье анализируется конкурентоспособность китайских научно-технических разработок на мировом рынке, оцениваются позиции так называемых компаний-единорогов на мировом рынке стартапов, характеризуются меры государственной поддержки, способствующие росту расходов на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, отмечаются основные риски и угрозы, с которыми сталкивается Китай при переходе к новому технологическому укладу. Автор статьи приходит к следующим выводам.

Политика сдерживания Китая, проводимая странами Запада, определяется ростом конкурентоспособности китайских разработок и в первую очередь нацелена на отрасли, в которых стране удалось занять лидирующие позиции.

Высокая доля расходов на НИОКР в Китае поддерживается преференциальной налоговой политикой. Результативность китайских разработок определяется стратегическим планированием направлений исследований со стороны властей.

Основные риски в развитии китайской науки связаны с санкционным давлением на чувствительные отрасли народного хозяйства, среди которых наибольшую угрозу представляет запрет на поставки китайским компаниям полупроводниковой продукции.

**Ключевые слова:** Китай, США, санкции, инновации, инвестиции, финансирование, технологическое лидерство, НИОКР, торговая война.

DOI: 10.31857/S0869587322090122

В последние десять лет Китаю удалось достичь впечатляющих успехов в научно-технической отрасли и вплотную приблизиться к осуществлению перехода к экономике знаний и инноваци-



ЗАКЛЯЗЬМИНСКАЯ Екатерина Олеговна — кандидат экономических наук, научный сотрудник Центра Азиатско-Тихоокеанских исследований ИМЭМО РАН.

онной модели развития. Страна является мировым лидером по количеству патентных заявок и второй в мире по расходам на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы. Эти расходы составляют 54% от аналогичных расходов США и в 2.1 раза превышают уровень затрат на те же цели Японии, замыкающей тройку лидеров. В научно-технологической отрасли страны занято рекордное количество специалистов — около 91 млн [1].

В последние годы в мире обострилась борьба за глобальное технологическое лидерство. В этой борьбе Китаю удалось достичь значимых научно-технологических успехов. Страна не только представила разработки догоняющего типа (марсоход, луноход, глубоководный батискаф, авианосец,

истребитель, ледокол и т.д.), но и добились научных прорывов в ряде областей (телекоммуникации, искусственный интеллект, квантовые каналы связи). Каковы же факторы стремительного роста конкурентоспособности инновационного производства в Китае? Какую роль в этом успехе играют государственные институты? Попытка ответить на эти вопросы предпринята в настоящей статье.

Изучению особенностей функционирования науки, способов её финансирования, а также механизмов внедрения инноваций в Китае посвящены работы таких российских китаеведов, экономистов и политологов, как А.В. Виноградов [2], Л.А. Гамза [3], В.Б. Кашин [4], А.В. Островский [5], А.И. Салицкий и Е.А. Салицкая [2]. Проблемы научно-технической и инновационной политики Китая активно изучает И.В. Данилин [6]. В числе зарубежных авторов, проводивших свои исследования уже на фоне китайско-американской торговой войны, начавшейся в 2018 г., можно отметить Ю. Суня и Ц. Цао, занимающихся проблемами планирования в науке [7], Б. Нотона, изучающего вопросы промышленной и инновационной политики Китая [8], Х. Суня, рассматривающего особенности китайско-американского технологического противостояния [9].

**Позиции Китая на рынке высоких технологий.** Становление современной науки и техники началось в КНР в 1950–1960-х годах в рамках “четырёх модернизаций”. За первые 20 лет реализации этой политики основными достижениями стали “две бомбы и один спутник”<sup>1</sup> и выведение гибридного риса. С 1978 г., то есть с началом политики реформ и открытости, Китай высочайшими темпами наращивает научно-технологический потенциал. Страна вначале приобрела статус “мировой фабрики”, осуществив стремительную модернизацию промышленности, а в XXI в. начала обретать черты технологической инновационной державы.

На мировом технологическом рынке по ряду направлений Китаю удалось обогнать развитые страны и занять лидирующие позиции. Однако в некоторых критических важных для развития страны отраслях (например, в производстве микросхем, операционных систем, промышленного программного обеспечения, сельскохозяйственной техники) по-прежнему наблюдается значительное технологическое отставание.

Китай создаёт около половины мирового спроса на полупроводниковую продукцию, которая используется при изготовлении мобильных телефонов, компьютеров и другой электроники. Но доля ведущего китайского производителя по-

лупроводников — компании SMIC — составляет всего 5% мирового рынка данной продукции [10], к тому же её ассортимент ограничен, и компания не может обеспечить все потребности внутреннего рынка.

На крупнейшего мирового производителя полупроводников — тайваньскую компанию TSMC — приходится около 55% мирового рынка [11]. Она выпускает широкую линейку продукции, в том числе пригодную для использования в передовых разработках — суперкомпьютерах, роботах. В 2020 г. на китайских производителей приходилось около 17% продаж компании [12]. Однако из-за давления Министерства торговли США во второй половине 2020 г. TSMC приостановила поставки полупроводниковых компонентов для лидирующей китайской телекоммуникационной компании Huawei, одного из крупнейших партнёров TSMC. В дальнейшем были ограничены поставки китайским компаниям, занимающимся разработкой суперкомпьютеров. Санкции и ограничения доступа к технологиям не позволяют Китаю преодолеть отставание от тайваньских и южнокорейских производителей полупроводников.

В машиностроении, нефтехимии, самолётостроении, атомной энергетике, производстве мобильных телефонов, морских перевозках, космонавтике, в сфере возобновляемых источников энергии Китай является активным участником конкурентной борьбы. В 2010 г. страна стала крупнейшим мировым производителем легковых автомобилей и персональных компьютеров. С 2014 г. Китай — лидер по объёму производства электромобилей. В 2021 г. в стране было продано 3.5 млн автомобилей подобного типа, а поставленная цель продать в 2025 г. 5 млн электромобилей с высокой вероятностью будет достигнута досрочно [13].

Существенные успехи наблюдаются в атомной энергетике: по состоянию на август 2021 г. в Китае эксплуатировался 51 энергоблок [14]. По уровню выработки электроэнергии на АЭС Китай в 2021 г. обогнал Францию, одну из крупнейших ядерных держав [15]. Его конкурентом остаются лишь США. Но в случае успешной реализации поставленных властями планов строительства 8–10 энергоблоков в год на протяжении 14-й пятилетки (2021–2025 гг.) [16] страна сможет приблизиться к мировому лидеру по количеству эксплуатируемых реакторов уже к 2025 г.<sup>2</sup> В 2020 г. Китай успешно запустил собственный реактор типа “Хуалун”, планируется запуск реактора типа CAP-1400, или Guohe One. Оба не являются китайскими передовыми разработками и созданы с опорой на западные аналоги (французские в случае “Хуалуна” и американские в случае “Guohe One”) [18].

<sup>1</sup> Китай испытал свои первые атомную и водородную бомбы в 1964 и 1967 гг. соответственно, а в 1970 г. запустил первый собственный искусственный спутник Земли.

<sup>2</sup> По состоянию на январь 2022 г. в США эксплуатируется 93 реактора [17].

Стремительными темпами развивается космонавтика. В 1970 г. Китай вывел на орбиту искусственный спутник Земли “Дунфанхун-1” (“Алеет Восток”), став пятой космической державой мира после СССР, США, Франции и Японии. В 1999 г. страна впервые вывела в космос беспилотный корабль “Шэньчжоу-1” (“Волшебная ладья”), а в 2003 г. с запуском корабля “Шэньчжоу-5” стала третьей в мире, осуществившей пилотируемый космический полёт. В 2021 г. на орбиту запущен базовый модуль космической станции “Тяньхэ” (“Гармония неба и земли”) и в том же году к нему пристыковывались корабли “Шэньчжоу-12” и “Шэньчжоу-13”. Если продолжительность экспедиции “Шэньчжоу-12” составила 92 дня, то экипаж “Шэньчжоу-13” в составе трёх космонавтов отработал на модуле “Тяньхэ” 182 дня, установив национальный рекорд непрерывного пребывания на орбите и благополучно приземлившись 16 апреля 2022 г. Китай развивает и собственную систему спутниковой навигации “Бэйдоу” (“Большая медведица”). Начав эти работы в 1994 г., спустя 26 лет, в 2020 г., он ввёл в эксплуатацию глобальную версию космической навигационной системы “Бэйдоу-3”. В 2020 г. КНР стала третьей мировой державой после США и СССР, которой удалось собрать образцы лунного грунта и доставить их на Землю (миссия станции “Чанъэ-5”<sup>3</sup>). В 2021 г. спускаемый аппарат межпланетной космической станции “Тяньвэнь-1” (“Вопросы к небу”) совершил мягкую посадку на Марс, доставив на его поверхность китайский марсоход “Чжужун”<sup>4</sup>.

Страна демонстрирует успехи в военной и гражданской авиации, а также в судостроении. В 2011 г. совершил первый полёт, а в 2017 г. запущен в серию истребитель пятого поколения “Чэнду J-20” (примечательно, что на нём до недавнего времени устанавливался российский двигатель). В 2017 г. совершили первые полёты крупнейший в мире самолёт-амфибия AG600 и первый китайский узкофюзеляжный авиалайнер C-919. В том же году был спущен на воду первый китайский авианосец “Шаньдун”, а в 2018 г. введён в эксплуатацию первый китайский ледокол “Сюэлун-2” (“Снежный дракон”).

Стоит отметить достижения Китая в глубоководных исследованиях. В ноябре 2020 г. пилотируемый батискаф “Фэньдоучжэ” (“Борец”) с экипажем из трёх исследователей совершил погружение в Марианскую впадину на глубину 10909 м [19].

Значительны успехи Китая в создании суперкомпьютеров. “Тяньхэ-2” (“Млечный путь”) в

2013 г. стал мощнейшим суперкомпьютером мира, но он был построен на базе процессоров американской компании Intel. С 2016 по 2018 г. другой китайский суперкомпьютер “Sunway Taihu-Light” занимал лидирующие позиции в мировых рейтингах, и в нём использовались процессоры уже китайского производства. В дальнейшем Китай утратил первые позиции в этой области, вперёд вышли “Фугаку” (Япония), “Summit” и “Sierra” (США) [20].

Несмотря на острую международную конкуренцию, Китай лидирует в телекоммуникационной отрасли, в производстве гражданских дронов и на рынке высокоскоростных железных дорог. В 2006 г. была открыта Цинхай-Тибетская железная дорога, которая стала самой длинной высокогорной железной дорогой мира. В 2020 г. общая протяжённость железнодорожного полотна в Китае превысила 150 тыс. км. Страна продолжает занимать второе место в мире по этому показателю после США, а по протяжённости высокоскоростных железных дорог (в 2021 г. их длина превысила 40 тыс. км) лидирует [21].

США и Китай превосходят другие страны по количеству разработок в области технологий искусственного интеллекта (китайские предприятия занимают около 15% мирового рынка). В числе крупнейших производителей — китайские компании Baidu, DJI, SenseTime, Megvii и IFlytek [22]. Их опережают лишь американские Microsoft, Google и Facebook. Китай активно развивает облачные вычисления, технологии больших данных и виртуальной реальности.

Впечатляющие результаты достигнуты в телекоммуникационной отрасли. По количеству патентов на стандарты 5G страна занимает первое место в мире. В 2021 г. число базовых станций 5G превысило 1.4 млн, составив около 70% от общемирового [23]. Зона покрытия 5G достигла 98% в городах и 80% в сёлах [24]. Главными конкурентами Китая в разработке технологий 5G выступают США и Южная Корея.

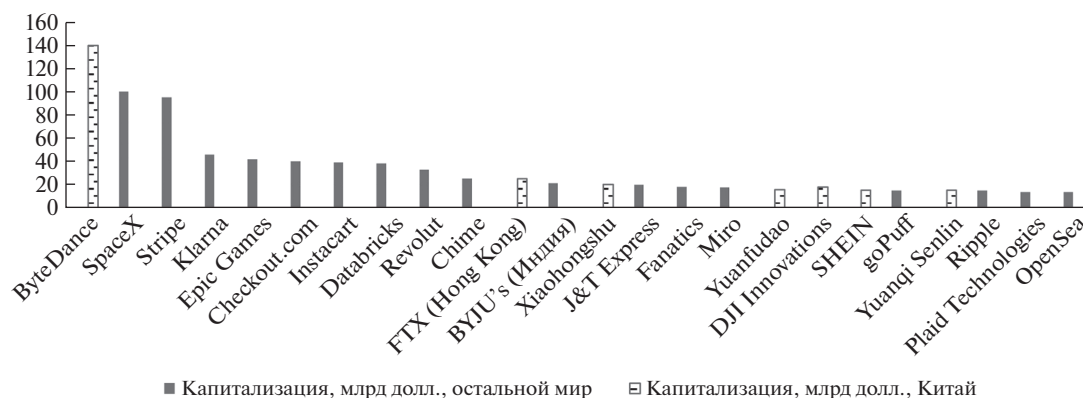
Китай лидирует по количеству исследований в области квантовых защищённых каналов связи [25]. Хотя квантовые вычисления активно развиваются в США, Германии и Японии, значительный разрыв с Китаем сохраняется. Работы в области квантовых вычислений ведут китайские компании Alibaba, Tencent, Baidu и Huawei, а в области квантовой связи — крупнейшие телекоммуникационные компании страны China Mobile, China Telecom и China Unicom. В 2020 г. в Китае завершено создание прототипа квантового компьютера, получившего название “Цзю Чжан” (“Девять книг”)<sup>5</sup>. Судя по оценкам, он стал пер-

<sup>3</sup> Чанъэ — имя китайской богини, которая, согласно легендам, проживает на Луне.

<sup>4</sup> Чжужун — имя китайского бога огня. Дословно по-китайски Марс — “огненная планета”.

<sup>5</sup> “Цзю Чжан суаньшу” (“Математика в девяти книгах”) — компиляция трудов древнекитайских математиков, написанных в X–II вв. до н.э.





**Рис. 1.** Топ-25 компаний-единорогов по объёму капитализации, январь 2022 г.  
Составлено по: [28]

вым фотонным квантовым компьютером, достигшим квантового превосходства<sup>6</sup> [26].

За последнее десятилетие позиции Китая на рынке высоких технологий значительно укрепились. К факторам, влияющим на рост конкурентоспособности науки страны, стоит отнести стратегическое планирование и создание стимулов для увеличения расходов предприятий на НИОКР.

**Конкурентоспособность китайских компаний-единорогов.** Компании-единороги — термин, введённый в 2013 г. венчурным инвестором Эйлин Ли [27]. Им обозначаются компании-стартапы, капитализация которых превысила 1 млрд долл. “Единороги” отражают текущие тенденции развития и технологические инновации: 1960-е годы стали эпохой полупроводников, 1970-е — ознаменовались рождением персональных компьютеров, 1980-е — началом формирования интернет-пространства, а 1990-е — современного Интернета, в 2000-е годы появились первые социальные сети. В 1970-е годы первым “единорогом” стала Apple, в 1980-е — телекоммуникационная компания Cisco, в 1990-е — Google и Amazon. Если в первой половине 2010-х годов в клуб “единорогов” попадали преимущественно американские компании (Facebook, LinkedIn, Twitter и др.), то уже с 2015–2016 гг. мировой рынок стартапов претерпел существенную трансформацию, выдвинув вперед китайскую компанию ByteDance — владельца сервисов для создания коротких видео ТикТок и Доуинь.

Анализ крупнейших мировых стартапов демонстрирует повышение роли и значения Китая,

что сказывается на политике его сдерживания со стороны стран Запада. Конфликт с китайской ByteDance, разгоревшийся в январе 2019 г. из-за обвинений в незаконном сборе личных данных детей, вышел на уровень президента США Д. Трампа, который заподозрил в китайских интернет-сервисах угрозу национальной безопасности [27].

Кроме ByteDance в рейтинг самых успешных стартапов вошли криптовалютная биржа в Гонконге (FTX) с рыночной капитализацией 25 млрд долл., социальная сеть Xiaohongshu (аналог Instagram), которая оценивается в 20 млрд долл., онлайн-платформа дистанционного образования Yuanfudao (15.5 млрд долл.), интернет-магазин одежды и обуви для всей семьи SHEIN (15 млрд долл.) и производитель питьевой воды Yuanqi Senlin (15 млрд долл.) (рис. 1). Компании-единороги отражают современные тенденции развития экономики Китая.

Интересна позиция властей США по отношению к китайской компании DJI Innovations, рыночная капитализация которой на начало 2022 г. составляла 18 млрд долл. В декабре 2021 г. она была включена в санкционные списки США из-за разработок в области видеооборудования, дронов и контроллеров для беспилотных летательных аппаратов. Давление также оказывалось и на другого китайского “единорога” — компанию SenseTime, занимающуюся разработкой технологий распознавания лиц (её капитализация по состоянию на январь 2021 г. составляла около 12 млрд долл.). Основной причиной санкционного давления была названа возможность властей Китая контролировать собственное население (в первую очередь в уйгурском Синьцзяне) при помощи дронов и технологий распознавания лиц. Приведённые примеры свидетельствуют о том, что власти США стремятся сдерживать развитие не только крупных инновационных компаний Китая, но и переломных китайских стартапов.

<sup>6</sup> Квантовое превосходство — возможность квантовых вычислительных систем справляться со сложными задачами, фактически не решаемыми классическими компьютерами. Скорость обработки операций квантовым компьютером значительно опережает достигаемую мощнейшими суперкомпьютерами.



**Таблица 1.** Перечень ключевых направлений развития науки и техники в Китае

Направления развития науки в 13-м пятилетнем плане (2016–2020 гг.)	Направления развития науки в 14-м пятилетнем плане (2021–2025 гг.)
Авиадвигатели и газовые турбины	Новое поколение искусственного интеллекта
Глубоководная станция	Квантовая связь
Квантовая связь и квантовый компьютер	Интегральные схемы
Нейронауки	Нейронауки
Национальная безопасность киберпространства	Генетика и биотехнологии
Система освоения дальнего космоса и космических аппаратов на орбите	Клиническая медицина
	Далёкий космос, глубоководные и полярные исследования

Составлено по: [30], [31].

**Особенности планирования и финансирования науки в Китае.** В 2020 г. в Китае завершился первый этап государственной “Программы развития науки и техники”, начавшийся в 2006 г. Планировалось, что к 2020 г. доля инвестиций в НИОКР в стране увеличится до 2.5% ВВП, вклад научно-технического прогресса в экономический рост вырастет до 60%, одновременно сократится зависимость от иностранных технологий до менее 30% [29]. В целом КНР удалось достичь запланированных показателей. Множество прорывных работ в области науки и технологий были завершены именно к 2020 г. Китаю не помешала сложная внешнеполитическая обстановка и развязанная странами Запада технологическая война.

Стратегическое планирование во многом определяет результативность китайских реформ в науке. В стране была разработана многоступенчатая программа инновационного развития, разбитая на “три шага”: к 2020 г. Китай должен был встать в один ряд с инновационными державами, к 2030 г. — приблизиться к странам-лидерам, а в середине XXI в. стать ведущей научно-технологической державой мира.

Власти разрабатывают и регулярно актуализируют национальные и отраслевые программы развития. В частности, в промышленном секторе в 2015 г. была озвучена долгосрочная стратегия

“Сделано в Китае 2025”. В рамках пятилетнего планирования социально-экономического развития основные направления актуализируются в каждом новом государственном плане. Например, квантовые исследования и изучение мозга, космоса и океана как стратегически важные для развития страны актуализируются уже в нескольких пятилетних планах подряд. В числе новых приоритетов — развитие технологий искусственного интеллекта, полупроводниковой промышленности, генетики, клинической медицины и биотехнологий (табл. 1). По замыслу властей, стратегическое планирование позволит обеспечить своевременный ответ на новые риски и угрозы.

Китай также характеризуют значительные расходы на НИОКР. По абсолютному объёму расходов на эти цели с 2013 г. по настоящее время он занимает второе место в мире после США. Вслед за ним идут Япония и Германия. В 2020 г. доля расходов Китая на НИОКР в ВВП достигла среднего мирового уровня в 2.4% (рис. 2) и в целом сопоставима с аналогичными расходами Евросоюза.

Особенность расходов Китая на НИОКР состоит в низкой доле расходов на фундаментальные исследования и чрезвычайно высокой — на экспериментальные разработки. В США и Японии, например, на фундаментальные разработки



**Рис. 2.** Расходы на НИОКР в Китае и их доля в ВВП, 2006–2020 гг.

Составлено по: [32]

**Таблица 2.** Инструменты сдерживания технологического возвышения Китая в наиболее конкурентоспособных отраслях

Отрасль	Инструмент сдерживания
Полупроводники	1. Запрет для тайваньской компании TSCM на продажу полупроводников китайским компаниям Huawei (телекоммуникации) и Phytium (суперкомпьютеры) 2. Включение крупнейшего китайского производителя полупроводников SMIC в санкционный список США
Телекоммуникации	1. Ограничение Huawei в распространении 5G, закупку полупроводников и доступ к американским технологиям 2. Запрет на закупку оборудования компании ZTE 3. Включение China Unicom и China Telecom в санкционные списки США
Суперкомпьютеры	1. Ограничения на закупку полупроводников особого типа у тайваньской компании TSCM 2. Включение в санкционные списки ключевых производителей: Tianjin Phytium Information Technology (разработчик суперкомпьютера “Tianhe”)
Искусственный интеллект	Включение ряда компаний в санкционные списки США
Высокоскоростные железные дороги	Включение China Railway Construction Corporation в санкционный список США
Атомная энергетика	Включение China National Nuclear Corporation в санкционный список США
Дроны	Включение компании-единорога DJI Innovations в санкционный список США
Космонавтика	1. Включение в санкционный список США производителей космических ракет-носителей China Academy of Launch Vehicle Technology 2. Включение в санкционный список США компании China Aerospace Science & Industry Corporation Limited, которая участвует в китайских лунной и марсианской программах: космические полёты “Шэньчжоу”, строительство станции “Тяньгун-3” и системы спутниковой навигации “Бэйдоу”
Социальные медиа	Со второй половины 2020 г. до лета 2021 г. в США действовал запрет на скачивание приложения TikTok китайской компании ByteDance

Составлено по: [36], данные профильных СМИ.

приходится соответственно 17 и 13% от совокупного объёма расходов на НИОКР [33], в Китае — всего 6%. В структуре расходов на эти цели преобладают расходы предприятий, на которые в 2020 г. приходилось 78% [32].

Активность предприятий в финансировании НИОКР определяется в первую очередь преференциальной налоговой политикой, проводимой с 2015 г. С 1 января 2021 г. она реализуется по следующим схемам: для производственного сектора допускается снижение налогооблагаемой базы на 100% расходов на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, не формирующие нематериальные активы, и на 200% от себестоимости созданного нематериального актива. Для других отраслей, не связанных с промышленным производством, допустимо снижение налогооблагаемой базы на 75% от суммы расходов на НИОКР. Однако на ряд отраслей такие вычеты не

распространяются (например, на табачную промышленность, сферу развлечений) [33]. Следует отметить, что именно преференциальной политикой объясняется тот факт, что 97% всех расходов на НИОКР направляются в производственный сектор. Из них более трети приходится всего на три отрасли: информационные технологии, телекоммуникации и электронику [34].

Ориентация Китая на преодоление технологического давления своими силами отражается в росте расходов на НИОКР. Например, в 2020 г. был отмечен рост таких расходов на 18.1% к предыдущему году [35]. Значительное внимание научно-техническим разработкам уделяют прежде всего компании, специализирующиеся на развитии информационно-коммуникационных технологий (Huawei, Alibaba, Tencent и Baidu) и крупнейшие строительные холдинги страны (China State Construction Engineering, China Rail-

way, China Communications Construction, China Railway Construction и Power Construction Corporation of China [36]). Ещё раз подчеркну: именно опираясь на стратегическое планирование основных направлений исследований и стимулируя рост расходов на научно-исследовательские и конструкторские работы, КНР стремится нивелировать негативные последствия технологических санкций Запада.

**Риски и угрозы развитию рынка высоких технологий в Китае.** США и их союзники используют разнообразные предлоги для усиления технологической блокады Китая. К ним можно отнести, например, обвинения в недостаточности защиты личных данных, в несоблюдении прав человека в Синьцзяне. Санкционное давление оказывается на наиболее чувствительные отрасли высокотехнологического производства. Ещё одним направлением борьбы служит принуждение своих союзников в регионе (показателен приводившийся выше пример с тайваньской компанией TSCM) ограничить поставки продукции, критически необходимой для развития китайской промышленности (табл. 2).

Несмотря на наличие недобросовестных практик и нередкие случаи использования западных разработок для создания собственных (атомный реактор, суперкомпьютер, авианосец и др.), Китай смог достичь впечатляющих успехов не только в догоняющих и копирующих разработках, но и в собственных инновациях (квантовая связь, искусственный интеллект и т.д.). Основной ограничитель развития Китая, не считая технологических санкций стран Запада, — отсутствие необходимой базы для производства полупроводников, критически необходимых для китайской промышленности.

\* \* \*

Становление Китая как инновационной державы проходит в максимально некомфортных условиях и наталкивается на жёсткое противодействие со стороны стран Запада, которые нацелены на реставрацию утопического мира прошлого (инициатива Build Back Better World, обозначенная летом 2021 г.). Возвышение Китая видится угрозой как технологическому лидерству стран Запада, так и существующему мировому порядку. Однако Китай уверенно идёт по пути от “Сделано в Китае” к “Создано в Китае”. Власти этой страны ищут и находят эффективные ответы на новые риски и угрозы, поэтому с высокой долей вероятности можно утверждать: санкционное давление даже в случае реализации наиболее негативного сценария лишь отсрочит становление Китая как инновационной державы, но не оставит его.

## ЛИТЕРАТУРА

1. 2020 nian quanguo keji jingfei touru tongji gongbao (Статистический бюллетень национальных инвестиций в науку и технологии за 2020 г.). [http://www.gov.cn/xinwen/2021-09/22/content\\_5638658.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2021-09/22/content_5638658.htm) (дата обращения 31.01.2022).
2. Vinogradov A.V., Salitskaya E.A., Salitskii A.I. Science and Technology in China: Modernization Accomplished // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2016. V. 86. № 1. P. 48–56; Виноградов А.В., Салицкая Е.А., Салицкий А.И. Наука и техника Китая: состоявшаяся модернизация // Вестник РАН. 2016. № 2. С. 152–160.
3. Гамза Л.А. Технологическое противостояние США и Китая в АТР // Россия и АТР. 2020. № 3 (109). С. 110–133.
4. Кашин В.Б., Пятачкова А.С., Крашенинникова Л.С. Китайская политика в сфере применения экономических санкций: теория и практика // Сравнительная политика. 2020. № 2. С. 123–138.
5. Островский А.В. Китай становится экономической сверхдержавой. М.: Изд-во МБА, 2020.
6. Данилин И.В. Американо-китайская технологическая война через призму технационализма // Пути к миру и безопасности. 2021. № 1 (60). С. 29–43.
7. Sun Y., Cao C. Planning for science: China’s “grand experiment” and global implications // Humanities and Social Sciences Communications. 2021. V. 8. Article number 215. <https://doi.org/10.1057/s41599-021-00895-7>
8. Naughton B. The Rise of China’s Industrial Policy, 1978–2020. [https://dusselpeters.com/CECHIMEX/Naughton2021\\_Industrial\\_Policy\\_in\\_China\\_CECHIMEX.pdf](https://dusselpeters.com/CECHIMEX/Naughton2021_Industrial_Policy_in_China_CECHIMEX.pdf) (дата обращения 03.02.2022).
9. Sun H. U.S. — China Tech War // China Quarterly of International Strategic Studies. 2019. V. 5. № 2. P. 197–212.
10. Jigou: qianshida xinpian jutou yingshou chuang jilu, Gaotong xiang Zhongxin guoji dafu touchan (Устройство: 10 крупнейших производителей микросхем имеют рекордную выручку, а Qualcomm вложила значительные средства в производство для SMIC) // <https://www.laoziliao.net/finance/info/49700595> (дата обращения 01.02.2022).
11. China’s Chip Sector Faces Possible Impact as SMIC Assesses Export Restrictions Placed by U.S. <https://www.eetasia.com/chinas-chip-sector-faces-possible-impact-as-smic-assesses-export-restrictions-placed-by-u-s/> (дата обращения 01.02.2022).
12. Annual Report TSMC 2020. <https://investor.tsmc.com/sites/ir/sec-filings/2020%2020-F.pdf> (дата обращения 01.02.2022).
13. Xiaoliang lianxu 7 nian ju shijie shouwei, xinnengyuan qiche youwang jiasu zengzhang (Продажи занимают первое место в мире 7 лет подряд, и ожидается, что электромобили ускорят рост). <https://www.im-silkroad.com/news/p/475289.html> (дата обращения 31.01.2022).
14. Woguo dalu zai yun hedian jizu da 51 tai (В моей стране на материке эксплуатируется 51 энергоблок). [http://www.nea.gov.cn/2021-09/30/c\\_1310219785.htm](http://www.nea.gov.cn/2021-09/30/c_1310219785.htm) (дата обращения 31.01.2022).

15. Zhongguo chengwei shijie dier hedian daguo (Китай стал вторым по величине производителем атомной энергии в мире). <https://cn.nikkei.com/industry/environment/46362-2021-10-15-10-34-54.html> (дата обращения 31.01.2022).
16. “Shisiwu” Zhongguo youwang meinian jianshe 8 tai hedian jizu (Ожидается, что в течение 14-й пятилетки Китай будет строить по 8 атомных энергоблоков в год). <https://www.jiemian.com/article/5951040.html> (дата обращения 03.02.2022).
17. The U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC). <https://www.nrc.gov/> (дата обращения 03.02.2022).
18. *Заклязьминская Е.О., Сычёв В.А.* Экспорт ядерно-энергетических технологий КНР: между политикой и экономикой // Россия и АТР. 2021. № 2 (112). С. 121–142.
19. 10909 mi! Chuangzao Zhongguo zairen shen qian xin jilu de “Fendou zhe” hao shengli fanhang (10909 метров! “Борец”, установивший новый рекорд КНР по глубоководному погружению с экипажем, успешно вернулся домой). [http://www.gov.cn/xinwen/2020-11/28/content\\_5565584.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2020-11/28/content_5565584.htm) (дата обращения 31.01.2022).
20. November 2021. <https://www.top500.org/lists/top500/2021/11/> (дата обращения 03.02.2022).
21. Woguo gaotie yunying licheng chao 4 wan gongli (Протяжённость ВСЖД в моей стране превысила 40 тыс. км). [http://www.gov.cn/xinwen/2021-12/31/content\\_5665714.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2021-12/31/content_5665714.htm) (дата обращения 31.01.2022).
22. Jujiao shisiwu: Zhongguo qida keji qianyan lingyu shisiwu fazhan quanjing qianzhan (Фокус на 14-й пятилетке: перспективы развития семи передовых областей науки и техники Китая на 14-ю пятилетку). [https://www.sohu.com/a/460809689\\_756411](https://www.sohu.com/a/460809689_756411) (дата обращения 31.01.2022).
23. Woguo kaitong 5G jizhanshu chao 100 wan, 5G zhongduan lianjieshu ju quanqiu shouwei (Моя страна ввела в эксплуатацию более миллиона базовых станций 5G, а по количеству терминальных соединений 5G заняла первое место в мире). [https://gd-ca.miit.gov.cn/xwdt/xydt/art/2021/art\\_7d8667b19589423-ba9cc08a71afce296.html](https://gd-ca.miit.gov.cn/xwdt/xydt/art/2021/art_7d8667b19589423-ba9cc08a71afce296.html) (дата обращения 03.02.2022).
24. 2022 5G ruhe xing wen zhiyuan (Каким образом [сеть] 5G в 2022 г. будет стабильной и долгосрочной?). [https://www.sohu.com/a/518761339\\_362042](https://www.sohu.com/a/518761339_362042) (дата обращения 31.01.2022).
25. Liangzi xinxi jishu fazhan yu yingyong yanjiu baogao (Доклад об исследованиях развития и применения квантовой связи). <http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/202012/P020201215373063374434.pdf> (дата обращения 31.01.2022).
26. The new light-based quantum computer Jiuzhang has achieved quantum supremacy. <https://www.science-news.org/article/new-light-based-quantum-computer-jiuzhang-supremacy> (дата обращения 04.02.2022).
27. The U.S. government thinks TikTok is a national security threat. So why can't the government decide what to do? <https://www.washingtonpost.com/politics/2020/09/23/us-government-thinks-tiktok-is-national-security-threat-so-why-cant-government-decide-what-to-do/> (дата обращения 03.02.2022).
28. The Complete List of Unicorn Companies. <https://www.cbinsights.com/research-unicorn-companies> (дата обращения 30.01.2022).
29. Guojia Zhong chang qi kexue he jishu fazhan guihua nayao (2006–2020 nian) (Основные положения национальной программы средне- и долгосрочного развития науки и техники (2006–2020)). [http://www.gov.cn/gongbao/content/2006/content\\_240244.htm](http://www.gov.cn/gongbao/content/2006/content_240244.htm) (дата обращения 04.02.2022).
30. Guowuyuan guanyu yinfā “shisanwu” guojia keji chuangxin guihua de tongzhi (Уведомление Госсовета о печати и распространении Национальной программы научно-технических инноваций на 13-ю пятилетку). [http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-08/08/content\\_5098072.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-08/08/content_5098072.htm) (дата обращения 03.02.2022).
31. Zhonghua renmin gongheguo guomin jingji he shehui fazhan di shisi ge wu nian guihua he 2035 nian yuanjing mubiao gangyao (Основные положения 14-й пятилетней программы народно-хозяйственного и социального развития и перспективных целей развития на период до 2035 г.). [http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content\\_5592681.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm) (дата обращения 03.02.2022).
32. Государственное статистическое управление КНР. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/> (дата обращения 04.02.2022).
33. Yanfa feiyong shui qian jia ji kouchu xin zheng zhiyin (Руководящие принципы новой политики вычета расходов на НИОКР до налогообложения). <http://www.chinatax.gov.cn/chinatax/n810341/n810825/c101434/c5164426/content.html> (дата обращения 01.02.2022).
34. 2019 nian quanguo keji jingfei touru tongji gongbao (Статистический бюллетень национальных инвестиций в науку и технику за 2019 г.). [http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/rdpcgb/qgkjfrtjgb/202107/t20210720\\_1819716.html](http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/rdpcgb/qgkjfrtjgb/202107/t20210720_1819716.html) (дата обращения 01.02.2022).
35. EU RD Scoreboard 2021 FINAL. <https://iri.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/contenttype/scoreboard/2021-12/EU%20RD%20Scoreboard%202021%20FINAL%20online.pdf>
36. Non-SDN Chinese Military-Industrial Complex Companies List. <https://www.treasury.gov/ofac/downloads/ccmc/nscmiclist.pdf> (дата обращения 03.02.2022).

## ЯДЕРНЫЙ МАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС В ИРКУТСКОМ ИНСТИТУТЕ ХИМИИ СО РАН

© 2022 г. В. К. Воронов<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup>Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

\*E-mail: vladim.voronov1945@yandex.ru

Поступила в редакцию 09.02.2022 г.

После доработки 21.02.2022 г.

Принята к публикации 31.03.2022 г.

Публикация посвящена начальному периоду применения методов ядерного магнитного резонанса высокого разрешения в Иркутском институте органической химии СО АН СССР (ныне — ИрИХ СО РАН). Со второй половины 1960-х годов началось формирование иркутской школы по использованию радиоспектроскопических и квантово-химических методов исследования молекулярного строения. Этому предшествовало открытие ядерного магнитного резонанса в конденсированных средах. Исключительная информативность экспериментальных данных, получаемых с помощью этого явления, и всё возрастающая универсальность спектрометров делают методы магнитного резонанса главенствующими в широком круге научных исследований.

Отмечается роль руководства института, прежде всего профессора Ю.Л. Фролова, в создании иркутской научной школы. Представлены результаты исследований, выполненных с участием автора публикации методами спектроскопии ЯМР соединений, синтезированных в ИрИХ СО РАН. Центральное место занимали азолы, содержащие биологически активный гетероцикл. Указанные соединения чрезвычайно распространены в природе. Они играют важную роль в биологических процессах и нашли разнообразное применение в медицине и технике.

**Ключевые слова:** ядерный магнитный резонанс, строение и динамика молекул, иркутская научная школа магнитного резонанса высокого разрешения.

DOI: 10.31857/S0869587322090110

Одним из главных результатов развития естествознания за последние 50–60 лет стало формирование новой области знаний, возникшей на стыке нескольких дисциплин. Речь идёт о разделе науки, занимающейся изучением строения и динамики молекул, в широком смысле — об исследовании материи на молекулярном уровне. Конечная цель такого исследования — установление

электронного и пространственного строения многоэлектронных (молекулярных) систем, а также природы процессов и явлений, происходящих с их участием. Важность указанного раздела более чем очевидна для изучения конденсированного (твёрдого и жидкого) состояния вещества, а значит, для более глубокого понимания явлений в окружающем нас мире, в частности, с целью их использования в решении широкого круга практических задач. Среди современных методов исследования молекулярного строения вещества особое место занимают методы, основанные на использовании специфических свойств атомных ядер и их электронных оболочек, — методы магнитного резонанса, прежде всего ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Исключительная информативность экспериментальных данных, получаемых с его помощью, и всё возрастающая универсальность спектрометров ЯМР при их использовании в повседневной практике делают методы магнитного резонанса главенствующими в широком круге научных исследований.



ВОРОНОВ Владимир Кириллович — доктор химических наук, профессор ИРНИТУ.

Первые попытки обнаружить ЯМР в конденсированном состоянии относятся к 1936 г., когда К. Гортер (Нидерланды) пытался наблюдать резонанс ядер лития и ядер атома водорода в алюмокалиевых квасцах. Другая безуспешная попытка была предпринята К. Гортером совместно с Л. Бруром в 1942 г. Основной причиной неудач их опытов был выбор неподходящих объектов. Лишь в конце 1945 г. двумя группами американских физиков под руководством Ф. Блоха (Стэнфордский университет, США) и Э. Парселла (Гарвардский университет, США) были получены настоящие сигналы ядерного магнитного резонанса. Блох наблюдал это явление на протонах (ядрах атома водорода) в воде, а Парселл добился успеха в обнаружении ядерного резонанса на протонах в парафине. За это открытие они в 1952 г. были удостоены Нобелевской премии по физике. Этапными стали исследования, выполненные профессором Цюрихского политехнического института Р. Эрнстом (Швейцария) с сотрудниками, по разработке и внедрению в повседневную практику принципиально новых методов спектроскопии ЯМР (Нобелевская премия по химии за 1991 г.). Ещё две Нобелевские премии, связанные с ЯМР, были вручены уже в XXI в. за исследования, послужившие основой разработок большой практической значимости. В 2002 г. Нобелевская премия по химии (1/2 часть) была присуждена К. Вютриху (Швейцария) за разработку на основе ЯМР метода установления трёхмерной структуры белковых молекул. Нобелевская премия по физиологии и медицине за 2003 г. была присуждена П. Лотербуру (США) и П. Мэнсфилду (Великобритания) за создание магниторезонансных томографов, позволяющих получать изображение целого организма.

Основное преимущество ЯМР по сравнению с другими видами спектроскопии — возможность преобразования и видоизменения ядерного спинового гамилтониана по воле экспериментатора практически без каких-либо ограничений и подгонки его под специальные требования решаемой задачи. Такая возможность обусловлена определёнными причинами. Благодаря тому, что ядерные взаимодействия являются слабыми, можно ввести сильные возмущения, достаточные для того, чтобы подавить нежелательные взаимодействия. Модификация спинового гамилтониана играет важную роль во многих приложениях ЯМР-спектроскопии. Широкое распространение получило упрощение спектров или повышение их информативности с помощью спиновой развязки, когерентного усреднения многоимпульсными последовательностями, вращения образца или частичной ориентации в жидкокристаллических растворителях. Неудивительно, что довольно быстро методы ЯМР нашли успешное применение (прежде всего в химии и физике) при

проведении исследований фундаментального характера, когда речь идёт о строении вещества, его молекулярной структуре, межмолекулярных взаимодействиях и различных формах внутримолекулярных движений (молекулярная динамика).

В конце XX — начале XXI в. роль методов магнитного резонанса изменилась принципиальным образом. Всё усиливающийся интерес исследователей к методам магнитного резонанса во многом связан со значительным потенциалом их прикладного использования. В связи с этим можно упомянуть структурную биологию, биофизику и биохимию, изучение природных образований, вирусологию, агрономию, неврологию и другие области. Конечно, здесь уместно отметить использование ЯМР в клинической медицине в связи с возможностью визуализации целых биологических организмов. Современные ЯМР-томографы позволяют делать “срезы” в любой плоскости живого организма с разрешением 1 мм и меньше. Во всём мире стремительно растёт количество исследовательских групп, активно использующих методы ЯМР для решения конкретных задач, связанных с биологическими системами и биологическим материалом. Во многих странах очень сложно найти вузы и научно-исследовательские учреждения, где не используются современные ЯМР-установки [1–11].

Увеличение круга задач обусловлено как прогрессом техники спектроскопии ЯМР, так и достижениями в изучении самого явления. Создание установок с рабочей частотой по протонам 500 МГц и выше, а также для детектирования ЯМР-сигналов от твёрдой фазы с широкими возможностями манипулирования детектируемой спектральной информацией сделало возможным изучение молекулярного строения больших (прежде всего биологически важных) молекул. Существенное расширение сферы использования ЯМР стало также следствием более глубокого осмысления этого явления в комплексных соединениях, которые очень часто синтезируются на основе эссенциальных, то есть жизненно необходимых, элементов (кальций, магний, кобальт, никель, железо, цинк, кадмий и др.), которые входят в состав ферментов и витаминов и обеспечивают потребности организма в необходимых микроэлементах. Всё это обусловило расширение круга практических задач, которые могут решаться на основе ЯМР [12, 13].

Развитие электроники, физики и технологии магнитных материалов позволило сконструировать малогабаритные, экономичные и достаточно простые в обращении релаксометры ЯМР, предназначенные для технологических целей и использования в заводских условиях. Совсем недавно за рубежом начался выпуск коммерческих спектрометров ЯМР, сочетающих в себе хоро-

шую разрешающую способность, высокую чувствительность (соотношение сигнал/шум примерно 200:1) и сравнительно небольшой вес магнитов (в пределах 75 кг), что позволяет считать их настольными установками. Следовательно, открывается возможность использования таких спектрометров в аналитических (в том числе заводских) лабораториях, совмещая начальную стадию научных исследований с решением прикладных задач.

**Становление метода ЯМР в Иркутске.** Автор данной публикации принадлежит ко второй волне молодых энтузиастов, решивших посвятить себя исключительно красивой и чрезвычайно, как потом оказалось, востребованной области науки — спектроскопии ядерного магнитного резонанса высокого разрешения. Среди них были, конечно, и другие начинающие исследователи: Р.З. Сагдеев, Н.М. Сергеев, А.В. Аганов, В.И. Чижик, Г.А. Калабин, Л.Е. Ниворожкин, В.А. Пестунович. Это случилось во второй половине 1960-х годов. Тогда перспективы спектроскопии ЯМР как нового научного направления ещё только обозначались. К тому времени были сделаны первые шаги на пути становления спектроскопии ЯМР как науки. Что касается СССР и стран СНГ, прежде всего России, то методы магнитного резонанса заняли прочное место в научно-исследовательских лабораториях. В различных городах (Москва, Новосибирск, Казань, Санкт-Петербург, Таллин, Ростов-на-Дону, Иркутск, Краснодар, Рига и др.) возникли научные школы по использованию указанных методов со своими оригинальными задачами и подходами к их решению. Публикации советских (российских) учёных в международных изданиях, равно как и участие в научных конференциях, стали обычным делом. Наверное, здесь уместно назвать наших учителей, раньше других оценивших перспективность методов магнитного резонанса в изучении молекулярного строения. Среди них Э.И. Федин, В.Ф. Быстров, Ю.А. Устынюк, А.Л. Бучаченко, Н.Н. Шапетько, Ю.Ю. Самитов, В.В. Воеводский, Ю.Н. Молин, П.М. Бородин.

Начало исследований молекулярного строения методами ЯМР в Иркутске было положено в 1966 г., когда Ю.Л. Фролов, к тому времени защитивший кандидатскую диссертацию, обратился к руководству физического факультета Иркутского государственного университета с просьбой рекомендовать кого-то из студентов, чтобы он после выполнения дипломной работы был распределён в Иркутский институт органической химии СО АН СССР (ИрИОХ, ныне — Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН). Вскоре после этого Фролов договорился с Новосибирским институтом химической кинетики и горения СО АН СССР о том, что на период преддипломной практики и на время выполнения ди-

пломной работы будущий сотрудник ИрИОХа будет направлен в этот институт. Автору данной публикации повезло — именно он был рекомендован деканом физфака Иркутского университета Ю.Л. Фролову. Дипломная работа, выполненная под руководством Ю.Н. Молина и Е.Е. Заева, закончилась её защитой в июне 1967 г.

Уместно обратить внимание на то обстоятельство, что в те годы удалось установить творческий контакт между упомянутыми выше академическими институтами. Это заслуга Юлия Леонидовича Фролова (впоследствии — доктора химических наук, профессора), который прекрасно понимал важность методов магнитного резонанса для изучения строения и динамики молекул, а следовательно, для включения их в практику научных исследований, проводимых в ИрИОХе. Результаты дипломной работы автора статьи стали основой для написания научной статьи, опубликованной в январе 1968 г. в международном периодическом издании [14]. Это одна из первых публикаций, в которой была показана эффективность использования явления ЯМР в парамагнитных системах для изучения пространственного строения многоэлектронных (молекулярных) систем.

После начала работы в ИрИОХе с августа 1967 г. автор представленной статьи регулярно ездил в служебные командировки в Новосибирск — в Институт химической кинетики и горения СО РАН — для снятия спектров ЯМР соединений ИрИОХа. Эти спектры затем расшифровывались, чтобы извлекаемая из них информация могла быть использована в исследованиях. Полученные таким образом спектральные данные позволили в 1968, 1969 и 1970 гг. опубликовать не менее 25 статей, в которых приводились спектры ЯМР синтезированных в ИрИОХе соединений. Параллельно руководство института вело работу по приобретению собственного спектрометра ЯМР высокого разрешения. В конечном счёте усилия увенчались успехом — в 1970 г. был приобретён спектрометр BS 487B фирмы Tesla высокого разрешения с резонансной частотой по протонам 80 МГц. Именно эта фирма начала выпускать ЯМР для СССР. Основные заботы по его приобретению легли на Ю.Л. Фролова, которому автор данной публикации всемерно помогал, тем более что закончил университет по специальности “Радиофизика и электроника”. За время пребывания в Новосибирске был получен ценный практический опыт по записи спектров ЯМР, а также по эксплуатации и ремонту ЯМР-спектрометров. На тот момент приобретённый ИрИОХом спектрометр был высокого качества. К концу 1970 г. его запустили в эксплуатацию.

Уже в конце 1960-х — начале 1970-х годов методы спектроскопии ЯМР достаточно прочно во-



шли в работу Иркутского института химии СО РАН. Фактически были заложены основы самостоятельной по статусу лаборатории, задачей которой должно было стать проведение исследований синтезируемых в ИрИОХе соединений, строения и динамики молекул с использованием новых методов магнитного резонанса. Важно также, что ИрИОХ к тому времени уже занял свою достойную нишу в мировой химической науке. Лаборатория радиоспектроскопии была создана в 1971 г. по решению вновь назначенного директора института члена-корреспондента АН СССР М.Г. Воронкова (впоследствии — академик РАН). На должность руководителя лаборатории был приглашён кандидат химических наук В.А. Пестунович.

Вскоре после ввода в эксплуатацию в Иркутском институте органической химии спектрометра ЯМР высокого разрешения на химическом факультете Иркутского госуниверситета началась работа по созданию лаборатории, основу которой должны были составить исследования молекулярного строения методами магнитного резонанса. Главная заслуга в успешном завершении этой работы принадлежит Г.А. Калабину (впоследствии доктор химических наук, профессор). Лаборатория активно сотрудничала с ИрИОХом. История лаборатории и её исследований заслуживает отдельной публикации.

В 1982 г. С.Б. Леонов, бывший тогда ректором Иркутского политехнического института (ИПИ) (в настоящее время — Иркутский национальный исследовательский технический университет — ИРНИТУ), предложил автору данной публикации перейти на работу в этот вуз на должность заведующего кафедрой физики. Предложение было принято, при этом сотрудничество с ИрИОХом продолжалось. К тому времени ИПИ приобрёл спектрометр ЯМР высокого разрешения фирмы Tesla. Сотрудничество укрепилось после того, как в 1997 г. в составе кафедры физики ИПИ была организована учебно-исследовательская лаборатория ядерного магнитного резонанса и был приобретён высококласный спектрометр ЯМР немецкой фирмы Bruker с резонансной частотой по протонам 250 МГц. Основные объекты, спектры ЯМР которых записывались в лаборатории, — соединения, синтезируемые в ИрИОХе. Получаемая спектральная информация использовалась для подготовки совместных публикаций. Результаты коллективных исследований нашли отражение в защите диссертаций, участии в конференциях и семинарах различного уровня и в многочисленных публикациях в отечественных и зарубежных профессиональных журналах. Именно на кафедре физики сформировались как профессионалы доктор химических наук профессор А.В. Афонин, кандидаты химических наук А.В. Ващенко, И.А. Ушаков, И.Л. Кривдина, Е.Л. Ли-

повченко, Д.К. Данович, С.Ю. Кузнецова. Четверо из данного списка в настоящее время являются сотрудниками ИрИОХа СО РАН.

Сотрудники кафедры физики ИПИ провели ряд исследований с коллегами других (помимо ИрИОХа) научных и учебных организаций России и Украины. В связи с этим нужно упомянуть изучение по спектрам ЯМР стереохимически нежёстких гетероспиновых комплексов никеля и кобальта со стабильными нитроксильными радикалами. Эти и другие аналогичные гетероспиновые системы привлекают внимание как исходные продукты для получения молекулярных магнетиков. Часть публикаций посвящена дизайну молекулярных систем. Данные исследования выполнены под руководством академиков РАН Р.З. Сагдеева и В.И. Овчаренко, при участии доктора химических наук А.В. Подоппелова (Международный томографический центр СО РАН) [15].

**Исследования молекулярного строения синтезированных в ИрИОХе соединений методами спектроскопии ЯМР.** Предметом исследовательских работ, выполненных с участием автора статьи, был анализ состава, строения (пространственного и электронного) и внутримолекулярной динамики молекулярных (многоэлектронных) систем по спектрам ЯМР, полученным от ядер атома водорода (методами протонного магнитного резонанса — ЯМР  $^1\text{H}$ ) и атома углерода (ЯМР  $^{13}\text{C}$ ). В ряде случаев использовались также спектры ЯМР от других ядер. Изучались соединения различных классов, содержащих в своём составе гетероатомы (азот, кислород, сера, кремний, фосфор), а также функциональные группы. Серия работ относится к изучению координационных соединений, синтезируемых на их основе. Обсуждались конформационные переходы и таутомерия молекулярных систем, внутримолекулярные водородные связи, поворотная изомерия, конкурентная координация, природа связей металл—лиганд, механизмы химических превращений. Почти все изученные соединения и их комплексы являются новыми (впервые синтезированными либо выделенными из природного сырья), ряд из них обладает практически полезными свойствами. Научный руководитель исследований — академик РАН Б.А. Трофимов.

Центральное место в исследованиях занимали пятичленные гетероциклические соединения, содержащие в цикле два или три атома азота. Они чрезвычайно распространены в природе, играют важную роль в биологических процессах и нашли разнообразное применение в медицине и технике. Этим объясняется неослабевающий интерес учёных к производным имидазола, пиразола и триазола, а также к их комплексам с солями переходных металлов и различными электроноакцепторами. Исследования перечисленных азотсодер-



жащих гетероциклов и их комплексов проводились в тесном сотрудничестве с докторами наук профессорами Г.Г. Скворцовой, Е.С. Домниной и их сотрудниками. Преобладающими объектами при этом были гетероциклы, содержащие в своём составе винильную ( $\text{CH}_2=\text{CH}-$ ) группу [16–18].

Серия спектральных работ освещает установление связи между особенностями внутримолекулярного строения и параметрами спектров ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  исследованных соединений. Следует выделить работы, в которых обсуждается использование для этих целей дальних спин-спиновых взаимодействий, проявляемых в спектрах ЯМР. Подобные научные изыскания направлены на решение фундаментальной проблемы строения многоэлектронных систем, связанной с установлением спектральных проявлений внутримолекулярной динамики. В рамках этой проблемы центральное место занимает установление спектральных проявлений конформационных особенностей молекул. Цель исследований — изучение строения и динамики органических гетероатомных соединений и их комплексов методами спектроскопии ЯМР и квантово-химических расчётов. Осмысление молекулярной стереодинамики расширяет не только наши знания о тонких деталях внутримолекулярного строения, но является также ключом к планированию направленного синтеза соединений, в том числе с прогнозируемыми характеристиками. Так, систематическое изучение спектров ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  широкого круга замещённых N-винилпирролов позволило провести конформационный анализ не только указанных веществ, но и других классов N-винильных соединений [19].

Помимо констант спин-спиновой взаимодействия, проявляемых в спектрах ЯМР, для выявления тонких деталей пространственного и электронного строения многоэлектронных (молекулярных) систем нами использовались и химические сдвиги резонансных ЯМР-сигналов. Следует обратить внимание на результаты изучения спектров ЯМР широкого круга кетоксимов с алкильными, алкельными, арильными и гетерильными заместителями. Выявленная в процессе исследований стереоспецифичность констант экранирования углеродных атомов в E- и Z-изомерах позволила, в частности, предложить простой и вместе с тем достаточно универсальный метод установления конфигурации кетоксимов и их производных [20].

Предметом исследований большого цикла работ были механизмы химических превращений, в том числе идентификация их конечных продуктов. Так, исследователями Иркутского института химии СО РАН было установлено, что реакции нуклеофильного присоединения вторичных фосфинсульфидов к альдегидам азольного ряда вы-

ступают простым методом синтеза новых полифункциональных хиральных гетероциклических соединений, которые могут играть роль высоко-реакционных строительных блоков для органического синтеза. Кроме того, эти соединения — предшественники оптически активных амфифильных лигандов для энантиоселективных процессов. Такие соединения, содержащие системы кратных связей, атомы с неподелёнными парами электронов и подвижные атомы водорода, являются сложными по своему строению объектами. Поэтому логично, что продукты превращения, получаемые в реакциях (в том числе и при комплексообразовании) с их участием, могут быть самыми разнообразными. Полный анализ спектров ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{31}\text{P}$  позволил получить спектральную информацию, крайне необходимую при поэтапном анализе результатов химических превращений полифункциональных гетероциклов [21].

Предметом отдельного исследования данных мультаядерной спектроскопии ЯМР ( $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{17}\text{O}$ ) в совокупности с квантово-химическими расчётами служит специфическое внутримолекулярное взаимодействие типа слабой водородной связи в ряде классов соединений, в том числе в сложных виниловых эфирах, 1-винилпиридонах, изохинолонах, 10-винилакридонах, виниловых сульфидах азотсодержащих гетероциклов. Имеется в виду взаимодействие через пространство  $\alpha$ -атома водорода винильной группы с одним из гетероатомов молекулы, содержащей эту группу. Установлены природа указанного взаимодействия, влияние на электронное строение молекул, найдены количественные характеристики его проявления в спектрах ЯМР (в соавторстве с доктором химических наук профессором А.В. Афонинным). Помимо значимости этих результатов для расширения наших представлений об особенностях внутримолекулярного строения сложных по составу и строению молекул, полученные данные представляют самостоятельный интерес с точки зрения использования спектроскопии ЯМР в структурных исследованиях. Это было продемонстрировано в процессе установления особенностей пространственного строения изученных соединений, содержащих в своём составе гетероатомы и функциональные группы [22].

На протяжении ряда лет велись исследования соединений (совместно с доктором химических наук профессором Н.А. Тюкавкиной, кандидатами химических наук Л.Д. Модоновой и А.А. Громовой), экстрагируемых из хвойных растений, произрастающих в Сибирском регионе. Предметом отдельных изысканий стало, в частности, выяснение роли лигнинов в жизнедеятельности растений и путей их биогенеза. На этом этапе был выделен ряд неизвестных ранее соединений и

установлена их молекулярная структура. Плодотворными оказались выполненные под руководством академика РАН М.Г. Воронкова исследования нового класса биологически активных соединений — Si-замещённых силатранов [23–25].

Значительная часть публикаций посвящена изучению особенностей явления ЯМР в парамагнитных системах, специфика которых определяется характером электронно-ядерного или сверхтонкого взаимодействия (СТВ) с участием электронов, локализованных на *d*- или *f*-орбиталях. Изучались (при активном участии кандидата химических наук И.А. Ушакова): механизмы делокализации нескомпенсированной электронной плотности на лиганды и по лигандам; далёкая делокализация; лигандный обмен; релаксационные процессы в парамагнитных системах; влияние условий записи спектров на детектирование сигналов ЯМР, обусловленных ядрами, входящими в состав парамагнитных систем. Результатом стала разработка (совместно с новосибирскими коллегами) метода спектрального анализа, основанного на использовании закономерностей СТВ (метода парамагнитных добавок в спектроскопии ЯМР). Кроме того, показана реальная возможность получения информации, нередко уникальной, о строении сложных молекулярных систем по спектрам ЯМР, трансформированных СТВ. Это было наглядно продемонстрировано при исследовании явления ЯМР в сложных стерически нежёстких парамагнитных системах, содержащих в качестве окружения центрального металла многоэлектронные гетероатомные структуры [26–31].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Эмсли Дж., Финей Дж., Сатклиф Л. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса высокого разрешения. В 2 т. / Пер. с англ., под ред. В.Ф. Быстрова, Ю.Н. Шейнкера. М.: Мир, Т. 1, 1968; Т. 2, 1969.
2. Хеберлен У., Меринг М. ЯМР высокого разрешения в твёрдых телах / Пер. с англ., под ред. Г.В. Скроцкого, Э.Т. Липпмаа. М.: Мир, 1980.
3. Сликтер Ч.П. Основы теории магнитного резонанса. 2-е изд., пересм., доп. и испр. / Пер. с англ., под ред. Г.В. Скроцкого. М.: Мир, 1981.
4. Сергеев Н.М. Спектроскопия ЯМР. М.: Изд-во МГУ, 1981.
5. Федотов М.А. Ядерный магнитный резонанс в растворах неорганических веществ. Новосибирск: Наука, 1986.
6. Воронов В.К. Метод парамагнитных добавок в спектроскопии ЯМР. Новосибирск: Наука, 1989.
7. Эрнст Р., Боденхаузен Дж., Вокаун А. ЯМР в одном и двух измерениях / Пер. с англ., под ред. К.М. Салихова. М.: Мир, 1990.
8. Воронов В.К., Сагдеев Р.З. Основы магнитного резонанса. Иркутск: Восточно-Сибирское книжное изд-во, 1995.
9. Chizhik V.I., Chernyshev Yu.S., Donets V. et al. Magnetic Resonance and Its Applications. Switzerland: Springer International Publishing, 2014.
10. Панюшкин В.Т., Черныш Ю.Е., Волынкин В.А. и др. Ядерный магнитный резонанс в структурных исследованиях. М.: КРАСАНД, 2016.
11. Калабин Г.А., Каницкая Л.В., Кушнарёв Д.Ф. Количественная спектроскопия ЯМР природного органического сырья и продуктов его переработки. М.: Химия, 2000.
12. Ushakov I.A., Voronov V.K., Adamovich S.N. et al. The NMR study of biologically active metallated alkanol ammonium ionic liquids // Journal of Molecular Structure. 2016. V. 1103. P. 125–131.
13. Voronov V.K. The study of structure and dynamics of molecules: NMR spectra transformed by superfine coupling // Magn. Reson. Chem. 2015. V. 53. P. 188–193.
14. Zaez E.E., Voronov V.K., Shvartsberg M.S. et al. Application of paramagnetic additions to the structure determination of some pyrazoles by NMR // Tetrahedron Letters. 1968. № 5. P. 617–622.
15. Сагдеев Р.З., Воронов В.К., Подоплелов А.В. и др. Особенности спектров ЯМР гетероспиновых комплексов // Известия АН. Серия химическая. 2001. № 11. С. 1986–1994.
16. Воронов В.К., Еськова Л.А., Домнина Е.С., Скворцова Г.Г. Об участии пиррольного азота в комплексобразовании // Известия АН СССР. Серия химическая. 1980. № 7. С. 1666–1668.
17. Еськова Л.А., Воронов В.К., Домнина Е.С., Скворцова Г.Г. Спектры ЯМР и строение 1-винилпиразолов // Известия АН СССР. Серия химическая. 1985. № 5. С. 1012–1018.
18. Скворцова Г.Г., Тржицинская Б.В., Тетерна Л.Ф. и др. Комплексные соединения ионов металлов I, II, VII и VIII групп с 3-винилтио-1,2,4-триазолами // Журнал общей химии. 1987. № 4. С. 763–767.
19. Афонин А.В., Ушаков И.А., Петрова О.В. и др. Изучение пространственного и электронного строения ряда 2-(пиридил)пирролов по спектрам ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  // Журнал органической химии. 2000. Т. 36. С. 1043–1049.
20. Афонин А.В., Ушаков И.А., Тарасова О.А. и др. Простой метод установления конфигурации кетоксимов и их производных по спектрам ЯМР  $^{13}\text{C}$  // Журнал органической химии. 2000. Т. 36. С. 1831–1837.
21. Воронов В.К., Боровик М.А., Ушаков И.А. и др. Спектры ЯМР тиофосфорил- и фосфорилазолов // Известия АН. Серия химическая. 2009. № 7. С. 1471–1475.
22. Афонин А.В., Воронов В.К., Еникеева Е.И., Андриянов М.А. Спектры ЯМР  $^{15}\text{N}$  и  $^{17}\text{O}$  виниловых эфиров пиридина и хинолина // Известия АН СССР. Серия химическая. 1987. № 4. С. 769–773.
23. Модонова Л.Д., Воронов В.К., Леонтьева В.Г., Тюкавкина Н.А. Лигнинные соединения из *ricea obovata* // Химия природных соединений. 1972. № 2. С. 165–170.

24. Тюкавкина Н.А., Громова А.А., Луцкий В.И., Воронов В.К. Оксистерильбены из коры *pinus sibirica* // Химия природных соединений. 1972. № 5. С. 600–603.
25. Voronov V.K., Voronkov M.G. The complexing ability and structure of Si-substituted silatranes // Journal of Molecular Structure. 1980. V. 67. P. 285–287.
26. Воронов В.К. Парамагнитные реагенты для изучения строения органических лигандов // Успехи химии. 1974. Т. 43. С. 432–454.
27. Воронов В.К., Ушаков И.А. Ядерный магнитный резонанс высокого разрешения в парамагнитных комплексах // Успехи химии. 2010. Т. 79. С. 915–928.
28. Voronov V.K., Ushakov I.A., Shmelev V.V., Sagdeev D.R. Peculiarities of intramolecular exchange and valence tautomerism in metal semiquinolates determined by high-resolution NMR spectroscopy // Magn. Reson. Chem. 2012. V. 50. P. 350–356.
29. Voronov V.K., Podoplelov A.V. Paramagnetic complexes in high resolution NMR spectroscopy. New York: Nova Science Publishers, 2015.
30. Voronov V.K. NMR Spectra Transformed by Electron-Nuclear Coupling as Indicator of Structural Peculiarities of Magnetically Active Molecular Systems // J. Phys. Chem. A. 2016. V. 120. P. 6688–6692.
31. Voronov V.K., Ushakov I.A., Funtikova E.A. NMR Spectra of 1-vinylimidazole, transformed by paramagnetic complexes // Appl. Magn. Reson. 2019. V. 50. P. 569–577.

## РОССИЙСКАЯ НАУКА И ГОСУДАРСТВО В КОНЦЕ 1920-х – НАЧАЛЕ 1930-х ГОДОВ

© 2022 г. В. Г. Ананьев<sup>a,\*</sup>, М. Д. Бухарин<sup>b,\*\*</sup>

<sup>a</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

<sup>b</sup>Институт всеобщей истории РАН, Москва, Россия

\*E-mail: v.ananьев@spbu.ru

\*\*E-mail: michabucha@gmail.com

Поступила в редакцию 30.03.2022 г.

После доработки 05.04.2022 г.

Принята к публикации 16.04.2022 г.

С первых лет своего существования советское государство стремилось поставить под полный контроль деятельность Российской академии наук. С этой целью предпринимались попытки выявить среди членов РАН потенциально лояльных к деятельности и идеологии большевистского режима, изменить структуру Академии наук с тем, чтобы устранить влияние потенциально несогласных, провести в академию, пусть и с нарушением устава, новых членов, которые гарантировали бы её политическую лояльность, прекратить дискуссии о её возможной самостоятельности в выборе направлений и методов научных исследований, месте академии в глобальном научном пространстве. Поиски точек взаимных интересов между академической наукой и государством сопровождалось сбором конфиденциальных сведений, составлением характеристик о политической лояльности членов Академии наук и деятелей культуры, изменением её структуры без внимания к мнению членов академии, жёстким нажимом в период выборов для проведения угодных кандидатов. Ряд архивных документов из российских собраний – ЦГАИПД СПб, Архива РАН, РГАЛИ – проливает свет на историю Российской академии наук в 1920-е – начале 1930-х годов.

**Ключевые слова:** история СССР, история науки, Российская академия наук, наука и государство, архивы.

DOI: 10.31857/S0869587322090043

*Невозможно долго удерживать свободную мысль в искусственных пределах.*

*Академик В.И. Вернадский*



АНАНЬЕВ Виталий Геннадьевич – доктор культурологии, доцент кафедры музейного дела и охраны памятников Института философии СПбГУ.  
БУХАРИН Михаил Дмитриевич – академик РАН, главный научный сотрудник ИВИ РАН.

Многочисленные публикации последних 30 лет заметно изменили понимание развития науки в СССР в предвоенные годы, прежде всего за счёт введения в научный оборот многих новых источников. Привычная картина поиска гармонии между наукой и государством во главе с В.И. Лениным в первые годы советской власти, сконструированная советской историографией, усложнилась: отношения Академии наук и государства представляются в настоящий момент значительно более драматичными, а для некоторых периодов – даже трагичными. Интерес исследователей и широкой научной общественности к опыту проб и ошибок в этом взаимодействии подхлестнули негативные последствия реформы РАН 2013 г.

Очевидно, что советское государство и академическая наука в первые годы сосуществования

старались найти точки соприкосновения и на основе заинтересованности друг в друге преодолеть политическую и мировоззренческую отчуждённость, однако при доминировании советского государства. Для этого, с одной стороны, создавались различные институты, призванные дублировать функции Академии наук (Российская ассоциация научно-исследовательских институтов общественных наук, Коммунистическая академия, Всесоюзная ассоциация работников науки и техники для содействия социалистическому строительству в СССР и др.), с другой — интенсивному давлению подвергалась сама академия. В основном это касалось её структуры, кадрового состава и способов его изменения (выборов), степени самостоятельности в определении целей и методов научных исследований, а также политической лояльности [1]. Лояльность обеспечивалась главным образом на уровне риторики, так как среди академиков, в том числе и тех, кто определял лицо новой марксистской науки, были учёные, убеждения которых ни в малейшей степени не совпадали с новыми веяниями.

О том, как решались вопросы изменения структуры академии, её кадрового состава, определялась степень её самостоятельности в 1920-е — начале 1930-х годов, свидетельствуют архивные документы, ранее не публиковавшиеся и представленные в данной работе.

Советское государство с самого начала проявляло значительный интерес к персональному составу Российской академии наук (с 1925 г. — Академии наук СССР; далее в зависимости от хронологии упоминания — РАН или АН СССР) и стремилось собрать конфиденциальную информацию о тех членах академии, на которых могло бы опереться при проведении политики советизации науки. Так, хорошо известно, что 8 марта 1921 г. по поручению В.И. Ленина управляющий делами Совнаркома Н.П. Горбунов<sup>1</sup> направил нарком просвещения А.В. Луначарскому<sup>2</sup> список “учёных, инженеров, литераторов и проч.”, которые вызвали интерес председателя Совнаркома и характеристики на которых должен был представить А.В. Луначарский [2, с. 257]. Уже на следующий день, 9 марта, последним были подготовлены соответствующие аттестации, а среди персоналий оказались вице-президент РАН В.А. Стеклов<sup>3</sup>,

академики А.Ф. Иоффе<sup>4</sup>, С.Ф. Платонов<sup>5</sup>, Ф.И. Щербатской<sup>6</sup>, А.Е. Ферсман<sup>7</sup>. Впрочем, запрос касался не одной Академии наук, но включал и характеристики таких деятелей искусства, как, например, А.Н. Бенуа<sup>8</sup>, Б.М. Кустодиев<sup>9</sup> или А.А. Блок<sup>10</sup> [2, с. 258–261].

Исторический контекст составления этого запроса был чётко обозначен в недавних исследованиях по истории науки. Весна—лето 1921 г. стали периодом обострения противостояния между научной интеллигенцией и государством, которое вылилось в многочисленные аресты, в том числе крупнейших российских учёных, в частности В.И. Вернадского<sup>11</sup>. Руководство страны опасалось усиления влияния научной интеллигенции на оппозиционные настроения и стремилось предотвратить их разрастание [3, с. 475, 476].

Приблизительно в это же время в недрах Наркомпроса стал разрабатываться план по “оптимизации” структуры Академии наук. Речь шла о слиянии II (русского языка и словесности; далее — ОРЯС) и III (исторических наук и филологии) отделений академии, которое понималось членами II отделения как его уничтожение [4]. Этот процесс был завершён принятием академического устава 1927 г., в его реализации активную роль сыграли и представители I отделения (физико-математических наук) — В.А. Стеклов и А.Е. Ферсман. Уничтожение II отделения во многом было инспирировано борьбой с национальным началом и русской культурой в угоду интернационализму, поборником которого (без определённых оснований) члены отделения считали и неперменного секретаря РАН (АН СССР) С.Ф. Ольденбурга<sup>12</sup>.

Так, 11 апреля 1924 г., когда исход борьбы за сохранение ОРЯС в структуре РАН ещё не был

<sup>4</sup> Иоффе Абрам Фёдорович (1880–1960) — физик, действительный член РАН (1920), вице-президент АН СССР (1942–1945).

<sup>5</sup> Платонов Сергей Фёдорович (1860–1933) — историк-руссист, действительный член РАН (1920); репрессирован.

<sup>6</sup> Щербатской Фёдор Ипполитович (1866–1942) — востоковед-индолог, буддолог, действительный член РАН (1918).

<sup>7</sup> Ферсман Александр Евгеньевич (1883–1945) — геохимик, минералог, академик РАН (1919), вице-президент АН СССР (1927–1929).

<sup>8</sup> Бенуа Александр Николаевич (1870–1960) — художник, искусствовед, критик, музейный деятель, в эмиграции с 1926 г.

<sup>9</sup> Кустодиев Борис Михайлович (1878–1927) — художник.

<sup>10</sup> Блок Александр Александрович (1880–1921) — поэт.

<sup>11</sup> Вернадский Владимир Иванович (1863–1945) — учёный широкого профиля в области наук о земле, действительный член ИАН (1908).

<sup>12</sup> Ольденбург Сергей Фёдорович (1863–1934) — востоковед-индолог, историк, литературовед, археолог, искусствовед, этнограф; ординарный академик ИАН (1908); в 1904–1929 гг. — неперменный секретарь ИАН (РАН, АН СССР).

<sup>1</sup> Горбунов Николай Петрович (1892–1938) — химик, государственный деятель, управляющий делами Совнаркома (1920–1930), действительный член АН СССР (1930), секретарь АН СССР (1935–1938), репрессирован, расстрелян.

<sup>2</sup> Луначарский Анатолий Васильевич (1875–1933) — государственный, политический деятель, публицист, нарком просвещения (1917–1929), действительный член АН СССР (1930).

<sup>3</sup> Стеклов Владимир Андреевич (1864–1926) — математик, действительный член ИАН (1912), вице-президент РАН, АН СССР (1919–1926).

окончательно решён, академик В.М. Истрин<sup>13</sup> писал академику М.М. Богословскому<sup>14</sup> по поводу записки в защиту II отделения: “В пересылаемой Вам записке есть и то, что выкинуто, что могло бы привести в ярость властей (патриотизм, национализм)” [5, л. 1 об.]. В самой записке Истрин указывал: «Национально-научное значение Отделения и должно быть выдвинуто при защите его существования. Гражданский долг, ответственность перед Родиной, чувство национальной гордости, одним словом, всё то, что известно под опасным в настоящее время словом “патриотизм”, заставляет громко протестовать против новой попытки нанести незаслуженную обиду русскому национальному чувству в мирной области наук» [4, с. 357, 358]. Между тем в 1920-е годы государство воспринимало развитие исследований русской литературы (преимущественно древней) и языка как консервативное, косное, не актуальное для социалистического строительства.

Академическая общественность не переставала критически оценивать сложившуюся структуру самой Академии наук и после её переустройства. 20 ноября 1928 г. В.И. Вернадский в “Записке о выборе члена-корреспондента Академии наук СССР по отделу философских наук” отмечал: “В сущности... следовало бы создать философскую академию или философское отделение Академии наук, в котором были бы представлены все главные течения философского творчества нашего времени и нашей страны” [6, л. 8]. Однако далее он выражал сильнейший скепсис относительно реалистичности такого своего предложения: “Едва ли, однако, кто-нибудь реально ставил бы вопрос о такого рода организации в нашей стране, и едва ли она привела бы к чему-нибудь научному” [6, л. 8]. В том же тексте В.И. Вернадский говорил о том, что при рассмотрении важнейших вопросов устройства научной жизни необходимым является оставаться “на интернациональной базе науки” [6, л. 9]. Эта мысль — о глобальном характере науки, лишённой региональной ограниченности, — будет высказана Вернадским и позднее, при обсуждении нового устава АН СССР в дискуссии с А.В. Луначарским (см. ниже).

Одним из дальнейших шагов по установлению тотального контроля со стороны государства над деятельностью Академии наук явилось требование предоставлять ежегодные отчёты о её деятельности в Отдел научных учреждений Совнаркома, а также согласовывать планы работ. Впервые такие требования были зафиксированы первым пунктом Устава АН СССР в 1927 г. По

этому же уставу (§ 4) Академия наук делилась на два отделения — физико-математических и гуманитарных наук. Ликвидация ОРЯС была юридически зафиксирована [7, с. 135]. (Основной массив документов комиссии Совнаркома, сформированной специально для расследования академических отчётов, имел гриф “секретно”.) Параллельно в периодической печати была развёрнута кампания по шельмованию академии [8, с. 580, 581], а в противовес политически оппозиционной Академии наук (хотя уровень этой оппозиционности государством сильно преувеличивался) была создана Всесоюзная ассоциация работников науки и техники для содействия социалистическому строительству (ВАРНТИСО).

Не был забыт и вопрос об изменениях в персональном составе академии. Принятый в июле 1927 г. новый устав АН СССР в корне менял процедуру выборов. Корпоративная монополия на выдвижение в члены академии была отменена, право представления кандидатов получили научные, образовательные учреждения и общественные организации, не связанные непосредственно с Академией наук.

Хотя вопрос о проведении выборов в АН СССР в 1928–1929 гг. уже не раз рассматривался, в том числе и на страницах “Вестника РАН” [9–11], новые архивные материалы позволяют дополнить характеристику этого драматичного сюжета из истории отношений государства и Академии наук. Речь идёт, в частности, о сохранившихся в фонде Ленинградского обкома ВКП(б) отчётах об Экстраординарном общем собрании АН СССР 17 января 1929 г., созванном специально для “до-выборов” трёх кандидатов-коммунистов, проведённых пятью днями ранее, 12 января 1929 г. Отчёты были составлены журналистами Лерским<sup>15</sup> и Д. Левиным и направлены в соответствующие инстанции как характеристика коллективного портрета Академии наук и её отношения к советской власти.

Вполне закономерно, что обстоятельства этого заседания, как и всего длительного и сложного процесса выборов, имевшего огромное значение для дальнейшей истории Академии наук, начали привлекать внимание учёных с того самого момента, когда с началом демократизации общественной жизни в России стало возможным объективно и открыто говорить о трагических страницах отечественной истории периода тоталитаризма [12]. Подборка соответствующих документов была опубликована в 1996 г. [13]. Однако в ней использовались материалы из фондов Архива президента РФ (бывшего — Архива Политбюро

<sup>13</sup>Истрин Василий Михайлович (1865–1937) — литературовед-славист, действительный член ИАН (1907).

<sup>14</sup>Богословский Михаил Михайлович (1867–1929) — историк-руссист, действительный член РАН (1921).

<sup>15</sup>Возможно, Илья Александрович Весенев-Лерский (1893–1937) — бывший в 1923–1935 гг. ленинградским корреспондентом “Известий”; в 1935 г. арестован, в 1937 г. расстрелян. См.: <https://bessmertnybarak.ru/books/person/49791/> (дата обращения 29.03.2022).

ЦК КПСС), которые, как следует из сравнения их с материалами Ленинградского обкома, представляли собой уже результат определённой правки. Текстологический анализ позволяет утверждать, что опубликованный в 1996 г. «Отчёт о выступлениях академиков на чрезвычайном собрании Академии наук СССР 17 января 1929 г.» [13, с. 130–133], направленный вместе с выпиской из протокола Общего собрания заведующим Агитпропом ЦК ВКП(б) А.И. Криницким<sup>16</sup> в Политбюро для обсуждения 21 января, является стилистически выправленной контаминацией двух журналистских отчётов, подготовленных Лерским и Левиным, которые оказались непосредственными свидетелями происшедшего на заседании. Радикально не меняя наших представлений о заседании, эти документы дополняют опубликованный вариант записки в частности, позволяя определить её реальных авторов, более точно выстроить последовательность событий и содержание отдельных выступлений, и, что не менее важно, отличаются от введённого в научный оборот варианта стилистически. Особенно это характерно для отчёта Левина, сниженная, почти ёрническая лексика которого, используемая для описания действий ряда академиков, позволяет уловить, как городские власти (для которых отчёт и был составлен) и их клеветы смотрели на представителей академической науки и внутриакадемическую жизнь.

### Отчёт Лерского<sup>17</sup>

Сегодня состоялось Экстраординарное общее заседание Академии наук. Председательствовал Карпинский<sup>18</sup>, на заседании присутствовал 41 человек из общего числа 73. Среди вновь избранных академиков были Рождественский<sup>19</sup>, Надсон<sup>20</sup>, Алексеев<sup>21</sup>, Самойлович<sup>22</sup>, Фавор-

ский<sup>23</sup>, Владимирцов<sup>24</sup>, Петрушевский<sup>25</sup>, Гулевич<sup>26</sup>, Зелинский<sup>27</sup>, Мензбир<sup>28</sup>, Чичибабин<sup>29</sup>, Виноградов<sup>30</sup>, Сакулин<sup>31</sup> и др. После доклада Ферсмана и Ольденбурга о финансовом положении Академии и о работе её научных учреждений непрямым секретарём Ольденбургом было оглашено постановление Президиума о трёх лицах, не получивших в общем собрании формального большинства, но прошедших почти единогласно в отделение. Постановление Президиума подверглось жёсткой критике ряда академиков. Первым выступил академик И.П. Павлов<sup>32</sup>, который резко возражал против постановления Президиума, предлагавшего не объявлять соответствующих кафедр вакантными, а предложить кандидатуры Лукина<sup>33</sup>, Фриче<sup>34</sup> и Деборина<sup>35</sup> общему собранию в новом составе Академии, не повторяя всей процедуры выборов, с чем и войти с представлением в Совнаркоме СССР. Академик Павлов выразил своё удивление по поводу того, зачем понадобилось Президиуму анализировать факт расхождения результатов выборов в отделении и в Общем собрании. Выборы происходили на основании устава, всё было формально правильно, если трое оказались неизбранными, то на этом дело и кончается. Однако если Президиум позволил себе войти в анализ событий, сказал академик Павлов, то разрешите и мне также войти в анализ, но сделать это глубже. Прежде всего надо отметить, что выборы происходили в исключительной обстановке. Было представлено свыше 200 заявок и притом сравнительно совсем незадолго до начала выборов. Часть кандидатов были выдвинуты правительством. Ни о каких кандидатах, пред-

<sup>23</sup> Фаворский Алексей Евграфович (1860–1945) — химик-органик, действительный член АН СССР (1929).

<sup>24</sup> Владимирцов Борис Яковлевич (1884–1931) — востоковед-монголовед, действительный член АН СССР (1929).

<sup>25</sup> Петрушевский Дмитрий Моисеевич (1863–1942) — историк-медиевист, действительный член АН СССР (1929).

<sup>26</sup> Гулевич Владимир Сергеевич (1867–1933) — биохимик, действительный член АН СССР (1929).

<sup>27</sup> Зелинский Николай Дмитриевич (1861–1953) — химик-органик, действительный член АН СССР (1929).

<sup>28</sup> Мензбир Михаил Александрович (1855–1935) — зоолог, зоогеограф, действительный член АН СССР (1929).

<sup>29</sup> Чичибабин Алексей Евгеньевич (1871–1945) — химик, действительный член АН СССР (1929), с 1930 г. в эмиграции.

<sup>30</sup> Виноградов Иван Матвеевич (1891–1983) — математик, действительный член АН СССР (1929).

<sup>31</sup> Сакулин Павел Никитич (1868–1930) — литературовед-руссист, методолог, действительный член АН СССР (1929).

<sup>32</sup> Павлов Иван Петрович (1849–1936) — физиолог, действительный член ИАН (1907), лауреат Нобелевской премии по физиологии или медицине (1904).

<sup>33</sup> Лукин Николай Михайлович (1885–1940) — историк-новист, действительный член АН СССР (1929), репрессирован, умер в заключении.

<sup>34</sup> Фриче Владимир Максимович (1870–1929) — искусствовед, литературовед, действительный член АН СССР (1929).

<sup>35</sup> Деборин Абрам Моисеевич (1881–1963) — философ, действительный член АН СССР (1929), член Президиума АН СССР (1935–1945).

<sup>16</sup> Криницкий Александр Иванович (1894–1937) — советский государственный и политический деятель, заведующий Отделом агитации, пропаганды и печати ЦК ВКП(б) в 1927–1929 гг., репрессирован, расстрелян.

<sup>17</sup> Материалы публикуются в соответствии с современными правилами орфографии. Все очевидные опечатки и ошибки (включая те, что содержатся в написании имён собственных) исправляются и не оговариваются. Машинописное выделение фамилий унифицировано заглавными буквами. Интерполяции чернилами оговариваются в примечаниях. Очевидные сокращения раскрываются.

<sup>18</sup> Карпинский Александр Петрович (1847–1936) — геолог, палеонтолог, действительный член (1896), президент РАН, АН СССР в 1917–1936 гг.

<sup>19</sup> Рождественский Дмитрий Сергеевич (1876–1940) — физик, оптик, действительный член АН СССР (1929).

<sup>20</sup> Надсон Георгий Адамович (1867–1939) — ботаник, микробиолог, действительный член АН СССР (1929), репрессирован, расстрелян.

<sup>21</sup> Алексеев Василий Михайлович (1881–1951) — литературовед-синолог, действительный член АН СССР (1929).

<sup>22</sup> Самойлович Александр Николаевич (1880–1938) — востоковед-тюрколог, действительный член АН СССР (1929), репрессирован, расстрелян.

ставленных будто бы общественностью, не может быть и речи. Независимой общественности у нас нет вообще. Независимая общественность это значит контрреволюция. Что же происходило дальше? <На> первой стадии выборов решение выносится открыто в присутствии агентов правительства. На заседаниях присутствовали лица, не имевшие учёного ценза. Да, верно, мы имеем твёрдое правительство, которое, если захочет, твёрдо поставит на своём. В результате такой системы выборов могло иметь место только три отношения ко всей этой процедуре. 1. Чего изволите. 2. Против и 3. «“законное”, “разумное” оппортунистическое отношение». Вы ведь знаете из доклада Ферсмана, что финансовое положение не из лёгких и надо всячески устраиваться.

То, что произошло в первой стадии выборов, на заседании комиссии нельзя принять всерьёз. Это не было свободным выражением мнения. Мы были под давлением Президиума. Президиум настаивал, даже угрожал 22-й статьёй<sup>36</sup>, и всё это, конечно, не могло не подействовать и подействовало на многих. Приходит время выборов, сперва в отделении, а потом в Общем собрании. Однако дело велось в столь быстром темпе, что к отделению нельзя было бы подготовить продуманных отзывов о таком большом количестве кандидатов — 42. Но всё же выборы в отделении прошли. Остаётся ещё Общее собрание. Перед Общим собранием был большой перерыв, и нет удивительного в том, что человек, который, может быть, и положил белый шар в отделении, потом мог изменить своё мнение, да и совесть заговорила. Результаты получились иные. Конечно, надо считать истинными выборы вторые, а не первые. Я протестую против постановления Президиума.

АКАДЕМИК ЛЕВИНСОН-ЛЕССИНГ<sup>37</sup>: я позволю себе задать один вопрос. То, что предлагает Президиум, идёт вразрез с уставом. Почему нельзя оставить эти кафедры вакантными и выбирать этих трёх лиц вместе с остальными тремя свободными кафедрами? Предложение Президиума не согласно с уставом, оно незаконно.

ПЕТРУШЕВСКИЙ: решение Президиума совершенно необычный факт. В чём дело? Не произошло ничего чрезвычайного, а Президиум требует отмены устава. Требует чрезвычайных мер. Вы понимаете, что это опасный прецедент. Может получиться такое положение, что никакие уставы больше 2–3 месяцев не будут существовать. Вновь избранные академики поставлены перед совершившимся фактом. Зачем эти экстраординарные меры? Нужно изыскать другие фор-

мы. Надо поступить именно по уставу, правда, это сложно, но что делать. Надо проделать то, что предписано законом. Использовать устав.

Между Карпинским и Грушевским<sup>38</sup> разгорается полемика. Карпинский говорит о несовершенстве устава. Петрушевский говорит, что он тоже не поклонник нового устава, но не имеет основания менять его именно по тем соображениям, какие выдвигает Президиум.

БОРОДИН<sup>39</sup>: ко мне вчера обратился корреспондент “Известий [...]”<sup>40</sup> с просьбой высказать своё мнение о забаллотировании трёх. Я не счёл себя вправе уклониться от беседы для печати и совершенно искренно сказал, что я думаю. Да ничего ужасного, ничего странного не произошло. Я вовсе не был поражён тем, что трое не получили формального большинства. Процент избранных сравнительно мал. Случай не давал оснований для протеста. В данном случае больше всего поразила быстрота реакции Президиума. Чего спешил Президиум? Спешить было незачем, времени было совершенно достаточно.

В дальнейшем выясняется, что академик Бородин не вполне уяснил постановление Президиума, поняв его в том смысле, что Академия наук в целом поставлена уже перед совершившимся фактом, что будто бы Президиум обратился уже в Совнаком с представлением о трёх кандидатах и т.д.

Ольденбург разъясняет сущность того, что происходит на данном заседании, а именно, что общее собрание должно обсудить решение президиума, принять его или отклонить.

ПЛАТОНОВ в своём выступлении останавливается на нападках И.П. Павлова по адресу тех, кто принимал участие в работах комиссии. Работа была трудная, говорит Платонов, работало нас мало. Работали мы исключительно в сложной обстановке. К сожалению, академик Павлов был далёк от этих работ, он судит о них только по слухам. Я считаю себя обязанным поддержать Президиум в его решении.

АРХАНГЕЛЬСКИЙ<sup>41</sup> говорит о том, что новый устав оказался не соответствующим тем целям, ради которых он был введён. Нужно принять меры к тому, чтобы устав был пересмотрен.

ЧИЧИБАБИН предлагает вернуть кандидатуры трёх вновь на рассмотрение отделения, и если бы отделение подтвердило своё первоначальное мнение, то представить их на Общее собрание.

<sup>38</sup>Так в тексте. Вероятно, должно быть: Петрушевским.

<sup>39</sup>Бородин Иван Парфеньевич (1847–1930) — ботаник, ординарный академик ИАН (1902).

<sup>40</sup>Вставка чернилами, неразборчиво. Вероятно, ЦИК. См. ниже в тексте Левина.

<sup>41</sup>Архангельский Андрей Дмитриевич (1879–1940) — геолог, действительный член АН СССР (1925).

<sup>36</sup>О лишении звания вследствие деятельности члена Академии наук СССР, которая направлена “явным образом во вред Союзу ССР” [7, с. 138].

<sup>37</sup>Левинсон-Лессинг Франц Юльевич (1861–1939) — петрограф, действительный член АН СССР (1925).



ЛЯПУНОВ<sup>42</sup> вступает от имени Отделения гуманитарных наук за честь отделения. Он говорит, что гуманитарии не могут ручаться за другое отделение, намекая на то, что они, дескать, оставались верными первоначальным отзывам, тем более что на Общее собрание кое-кто из них не явился вследствие болезни. Ляпунов сослался на случай с Любавским<sup>43</sup>, который в отделении прошёл единогласно, а на Общем собрании получил 5 черняков.

УСПЕНСКИЙ<sup>44</sup> поставил вопрос таким образом: желает ли гуманитария действительно видеть этих трёх в составе членов Академии наук или же они переменили своё мнение.

Надо отметить, что в прениях были выступления почти исключительно против постановления Президиума. Сторонники Президиума в прениях себя проявили пассивно.

Карпинский охарактеризовал положение Президиума как весьма незавидное. «Наше положение хуже каторжного», сказал он.

Павлов, полемизируя с Ольденбургом, назвал последнего с иронией «наш товарищ неперменный секретарь».

Голосование было такое. За предложение президиума — 28, против — 9, воздержавшихся — 4. Голосовали против: Павлов, Левинсон-Лессинг, Бородин, Сакулин и др. Среди воздержавшихся Лазарев<sup>45</sup>, Виноградов. После голосования Павлов и Левинсон-Лессинг поднялись и демонстративно покинули собрание.

### Отчёт Левина

Прежде всего о самой обстановке Общего собрания Академии наук. Чувствовалось что-то напряжённое. Доклады Ферсмана и Ольденбурга по первым двум вопросам повестки (о материальной стороне дела Академии и издательской) проходили мимо внимания собравшихся. Пришли не из-за этих вопросов и не в них интерес... Особая напряжённость создавалась, когда перешли к обсуждению последнего пункта. Первым взял слово академик И.П. Павлов. Всё собрание насторожилось, все понимали, что это выступление принесёт что-то необычайное. Прежде всего он поразился, к чему Президиуму и «товарищу неперменному секретарю» потребовалось кроме

констатирования самого факта (забаллотировки трёх кандидатов) заняться анализом причин, приведших к такому результату, причём анализом в высшей степени поверхностным, лёгким. Разрешите же и мне встать на этот путь, сказал Павлов, и дать более глубокий анализ и постараться вскрыть социальную сторону этого дела. Прежде всего он констатировал, что «выборы происходили на этот раз в совершенно исключительной обстановке по трём причинам: массовость кандидатов, чрезвычайная краткость срока и, главным образом, то, что часть кандидатов были кандидаты правительственных организаций». Мне могут сказать, что, позвольте, это же кандидаты, выставленные общественностью, но я должен сказать, что в наших условиях общественность — это правительство, так как другую общественность, независимую общественность, принято называть контрреволюцией. Кроме того, было ещё одно обстоятельство, влиявшее на общую обстановку выборов, это то, что тут присутствовали агенты правительства (в зале чувствуется некоторое смущение от сказанных слов, и Павлов считает нужным пояснить свои слова), ну да, агенты правительства, так как как же их иначе назвать, когда никому они из нас как научные величины не известны, их учёный ценз никому не известен, так что, конечно, это агенты правительства. И вот, несмотря на то что имела место такая исключительная обстановка (когда академики, с одной стороны, были связаны свободой своей совести, а с другой — присутствием агентов правительства), несмотря на это, всё же выборы прошли более или менее нормально и тот факт, что три кандидатуры не получили 2/3, является тоже явлением вполне нормальным, не представляющим ничего необычайного, исключительного, чрезвычайного.

И.П. Павлов считает необычайным поведение Президиума, вынесшего это постановление. Дальше, анализируя, Павлов говорит: «Но, так как правительство у нас твёрдое (и это хорошо!), то оно умеет достигать своей цели, и вот в результате этот вопрос опять поставлен перед нами».

«У академиков может быть к этому постановлению три отношения: первое — это рабское, лакейское “чего изволите”, второе — “благоразумное”, так называемое оппортунистическое. Это такое положение, положение чисто психологического порядка, когда борются два начала. С одной стороны, соображение чисто научного характера, что кандидатуры не подходят, а с другой — соображение, связанное с тем, что де-мол разладятся отношения с правительством, а тут, мол, у Академии большие материальные нужды, о которых вам говорил в своём докладе Александр Евгеньевич Ферсман и что, мол, лучше сделать “им” уступку и выбрать этих трёх кандидатов. И, наконец, последнее, третье — отношение чистого учёного, ни с кем и ни с чем не считающегося».

<sup>42</sup>Ляпунов Борис Михайлович (1862–1943) — филолог-славист, языковед, действительный член РАН (1923).

<sup>43</sup>Любавский Матвей Кузьмич (1860–1936) — историк-руси́ст, действительный член АН СССР (1929), репрессирован [14, с. 184–195].

<sup>44</sup>Успенский Яков Викторович (1883–1947) — математик, действительный член РАН (1921).

<sup>45</sup>Лазарев Пётр Петрович (1878–1942) — физик, биофизик, действительный член ИАН (1917), репрессирован в 1931–1932 гг.

Возвращаясь к исключительности обстановки, в которой протекали выборы, Павлов говорит, что на академиков влияло и то, что помимо давления печати, которая очень в это дело впуталась и оказывала сильное влияние, имели место и разные слухи о круговой поруке (о том, что если кого-нибудь из выставленных кандидатов забаллотировать, то все должны будут снять свои кандидатуры), и нам угрожали применением 22-й статьи — всё это действовало. И здесь хотят дело свести к тому, что, мол, гуманитарное отделение в свое время голосовало почти единогласно и что, значит, чёрные шары положили представители точных наук, а что, де-мол, если на Общем собрании некоторые гуманитары изменили своё мнение, что это якобы рисует их как недостаточно солидных людей<sup>46</sup>.

“Ну, тут я могу сказать следующее, что до сих пор нам приходилось выбирать 1–2, а здесь пришлось выбирать чуть ли не 40 человек”. Обычно, когда мне приходится о своих коллегах, о людях той же специальности, что и я, с работами которых я достаточно знаком, писать то, что я уже помню: некролог, скажем, или биографию, то в этом случае я всё же обкладываю себя большим количеством литературы специальной, вновь знакомлюсь с ней, а здесь, представьте себе, срок самый жёсткий дан, кандидатов больше 200, из них многие совершенно не известны, так что, конечно, при таких обстоятельствах и получилась та картина, что на отделении эти кандидаты могли пройти единогласно, в Общем собрании, по мере ознакомления за истекшие несколько недель, мнения могли измениться, шансы кандидатов меняться и т.д. И, наконец, ещё одно, не последнее, по мнению Павлова, обстоятельство — это СОВЕСТЬ. “Это опасение, что сделаешь против совести, так она потом тебя заест. Сделать плохое легко, но потом покоя не найдёшь”, и Павлов заканчивает своё выступление протестом против вынесенного постановления Общего собрания.

ЛЕВИНСОН-ЛЕССИНГ всё дело сводит на почву чисто юридическую (см. у Лерского).

Академик БОРОДИН начал с того, что к нему вчера обратился корреспондент “Известий ЦИК” с вопросом о его отношении к той “неувязке”, о которой говорит постановление Президиума. «Я не счёл себя вправе отвертеться молчанием, и я ему так прямо и сказал, что никакой “неувязки” я здесь не вижу, ничего необычайного не произошло и ничто меня здесь не поразило, но что я больше всего был поражён столь быстрым протестом Президиума, чем вполне законным решением Общего собрания. Я считаю столь поспешное, недостаточно обдуманное решение Президиума

неправильным. Я думаю, что само правительство будет находиться в крайнем затруднении благодаря этому постановлению, ведь оно же только что само утвердило устав, а теперь сама Академия требует его изменения. Я не знаю, почему у Президиума получилась такая реакция, но считаю, что наш Президиум слишком впечатлителен.

Академик ПРЯНИШНИКОВ<sup>47</sup> задаёт вопрос Президиуму, что он не совсем понимает, как же, собственно, ставится вопрос. Из прений он вынес три момента: первое — не утверждать постановление Президиума и оставить всё в фактическом состоянии, второе — изменить устав академии в сторону дальнейшего признания права избрания не 2/3, а простым большинством, и таким путём можно было бы считать эти три кандидатуры прошедшими (в зале движение) и, наконец, третье — право выборов предоставить не Общему собранию, а отделению, как наиболее компетентному органу.

ОЛЬДЕНБУРГ объясняет, что вопрос не ставится так, как говорит академик Прянишников, а ставится так, как говорит об этом постановление Президиума.

Из других выступавших следует быть отмеченным выступление академика Платонова. Несмотря на то, что все “прелести” академика Платонова достаточно известны, но всё же он оказался единственным (ещё, пожалуй, и академик Успенский, ставивший вопрос о предоставлении права избрания отделению), противопоставившим свою точку зрения как точку зрения выразителя Отделения гуманитарных наук точке зрения Павлова. Выступление академика Платонова восстановило нарушенное Павловым равновесие. Он заявил, что факт провала этих кандидатов, прошедших почти единогласно, конечно, необычен. Что он смеет думать, что Отделение гуманитарных наук стоит на непоколебленных позициях и сейчас и что он объясняет выступление академика Павлова тем, что последний в связи с своей продолжительной болезнью не мог присутствовать и лично участвовать во всей той большой работе, которую проделали и каждый в отдельности, и отделения, и Общее собрание в целом, а принуждён был питаться слухами и разговорами, благодаря чему выступление академика Павлова носило характер выступления постороннего человека.

Платонов от имени отделения (он заявил, что он смеет рассчитывать, что он разделяет общую точку зрения своих коллег) заявляет о том, что он с полным сознанием и ответственностью поставил свою подпись под постановлением президиума.

<sup>46</sup>Здесь и далее в документе жирным шрифтом выделено приписанное чернилами.

<sup>47</sup>Прянишников Дмитрий Николаевич (1865–1948) — агрохимик, биохимик, действительный член АН СССР (1929).

Все выступления мною не записаны (см. у Лерского). **Дальше** голосование. Здесь мне хочется обратить внимание только на вновь избранного *Сакулина*<sup>48</sup>. Иначе характеризовать его поведение как поведение *мерзкое*<sup>49</sup> нельзя. Сидит с гуманитарями. Такие зубры, как Карский<sup>50</sup>, Платонов голосуют “за”. Сакулин не голосует. Когда же Ольденбург начал подсчитывать голоса “против” и дошёл до Сакулина, то **последний** сидел с поднятой “против” рукой. Тут даже Ольденбург не выдержал и во всеуслышание спросил Сакулина: “И вы против?”. Рука остаётся поднятой. “И Вы голосуете против?”. вторично спрашивает Ольденбург. Все взоры обращаются в сторону Сакулина и Ольденбурга, и Сакулин блудливо тянет руку к голове и чешет в голове и озирается по сторонам как побитая собака.

После оглашения итогов голосования Павлов (а за ним петушком-петушком и Левинсон-Лессинг) поднялся и демонстративно покинул собрание.

Академик Тарле<sup>51</sup> тоже вёл себя за это время достаточно блудливо, и, хотя он и голосовал “за”, но всё же **он** следует **быть** замеченным (см. Лерского относительно беседы с ним).

[15, л. 359—367. Машинопись с рукописной правкой]

Упомянутая в конце отчёта беседа журналиста Лерского с историком-новистом Тарле в изложении интервьюера носила следующий характер:

Академик Тарле категорически отказался беседовать для печати о результатах выборов, несмотря на то что его подпись стоит в числе других под заявлением Президиума. На моё предложение ограничиться сообщением, что, кроме опубликованного в постановлении Президиума академии, в дополнение ему нечего сообщить, академик Тарле отказался дать разрешение и на такую формулировку. Когда же я поставил вопрос о том, чтобы напечатать о самом отказе беседовать на эту тему, академик Тарле и этому категорически воспротивился. Указания на то, что другие академики дали свои заявления в печать, не помогло. Академик Тарле просил всячески замять его отказ в даче беседы и **просил передать в редакции, что его не было в городе**.

[16, л. 373. Машинопись с рукописной правкой]

К 1930 г. Академия наук пережила практически полную советизацию. Была изменена система выборов, и сами выборы и вся деятельность АН

СССР были поставлены под жёсткий контроль государства. Из научной жизни (а часто не только из научной) изгонялись все нелояльные или подпадавшие под подозрения в нелояльности. Полностью сменилась риторика первых лиц советской науки. Характерны в этом отношении короткие тексты, сохранившиеся в фонде журналиста С.М. Шпицера (1885—?) и обозначенные в материалах Российского государственного архива литературы и искусства как “Мнение Вавилова Николая Ивановича и Луначарского Анатолия Васильевича о выборе академиков”. Показательны не только их чеканные фразы об “армии научных работников”, которые устраивают “жизнь на новых социалистических началах”. Показательно и то, что среди приоритетных кандидатов на избрание в феврале 1930 г. ботаник Н.И. Вавилов<sup>52</sup> называет, например, революционера Н.А. Морозова<sup>53</sup>, “исследования” которого легли в основу ряда трудов современных горе-историков от математики и негативно оценивались уже многими современниками<sup>54</sup>. С другой стороны, слова А.В. Луначарского об Академии наук звучат в настоящий момент почти пророчески: “Ей необходимо решительно и чётко найти не только своё совершенно определённое лицо, но определённые, разумеется, пути, по которым авторитет и слава старой академии были бы переключены на рельсы новой жизни”.

#### Записка Н.И. Вавилова о выборах академиков от 19 января 1930 г.

Академия наук не остров среди огромного океана, а неразрывное целое со страной, устраивающей жизнь на новых социалистических началах. Академия наук должна идти в ногу со страной, которая заново строит жизнь. Академия не должна плестись в хвосте жизни, но должна занимать передовые позиции в армии исследователей, в армии научных работников, которые ныне призваны к делу строительства социалистической страны.

<sup>52</sup>Вавилов Николай Иванович (1887—1943) — генетик, ботаник, действительный член АН СССР (1929), репрессирован, погиб в заключении.

<sup>53</sup>Морозов Николай Александрович (1854—1946) — революционер, литератор, популяризатор науки, почётный член АН СССР (1932).

<sup>54</sup>Например, А.В. Луначарский писал В.И. Ленину в 1921 г. о новой книге Морозова: “Я очень люблю и уважаю Морозова, но книга эта до того курьёзная, что издание её несомненно принесёт известный ущерб имени автора и Государственному издательству. Если серьёзная наука с большим сомнением отнеслась к выкладке Морозова относительно Апокалипсиса, то книга “Христос” является уж окончательным абсурдом на почве той же научной односторонности” [3, с. 271, 272]. А академик Д.М. Петрушевский писал академику С.А. Жебелёву 20 декабря 1931 г.: “Неужели Морозова серьёзно хотят посадить в академическое кресло, а не в психиатрическую лечебницу?” [16, л. 10].

<sup>48</sup>Подчёркнуто чернилами.

<sup>49</sup>Машинописное подчёркивание.

<sup>50</sup>Карский Евфимий Фёдорович (1861—1931) — литературовед-славист, этнограф, действительный член ИАН (1916).

<sup>51</sup>Тарле Евгений Викторович (1874—1955) — историк-новист, действительный член АН СССР (1927), в 1930—1937 гг. репрессирован.

Мы считаем бесспорными кандидатуры следующих научных деятелей, работы которых перво-степенного значения известны нам, и в то же время авторы которых известны своей большой общественной работой: Анатолия Васильевича Луначарского, Николая Михайловича Книповича<sup>55</sup>, Николая Александровича Морозова, Бориса Александровича Келлера<sup>56</sup> и В.П. Волгина<sup>57</sup>.

Академик Н.И. Вавилов (подпись)

[17, л. 1. Автограф, машинопись с правкой; подпись от руки]

**Записка А.В. Луначарского о выборах академиков  
(не позднее 25 января 1930 г.)**

Нелегко высказаться о выборах в Академию наук СССР, в данный момент легче всей коллегии произвести сами выборы, чем иметь решимость одному высказать по делу мнение, которое могло бы в какой-либо степени отвечать потребностям, настроению и интересам общественности. Сейчас вопрос не о старой академии, а о новой, во всяком случае, обновлённой. И ей необходимо решительно и чётко найти не только своё совершенно определённое лицо, но определённые, разумеется, пути, по которым авторитет и слава старой академии были бы переключены на рельсы новой жизни. Теперешние выборы должны учесть этот этап — чрезвычайно ответственный для науки, для общественности, а, главное, для происходящей уже с величайшим напряжением работы <...><sup>58</sup>.

А.В. Луначарский (подпись)  
[17, л. 2–4].

Показателен диалог по вопросам об отношениях академии наук (как таковой, не только АН СССР) и государства, о задачах академической науки, развернувшийся между академиком-учёным В.И. Вернадским и академиком-администратором А.В. Луначарским вскоре после того, как в феврале 1930 г. Вернадский представил записку в Организационную комиссию АН СССР о подготовке нового Устава Академии наук СССР.

В.И. Вернадский констатировал: “Правильно образованная академия наук должна во всяком государстве <...> занимать особое место по сравнению с другими государственными учреждениями. Она, во-первых, составляет неизбежную часть того мирового научного интернационала,

свободно открытого для всех научно мыслящих людей, который медленно, но неуклонно вырабатывался в XX веке. <...> Наряду с таким особым положением Академии наук самый характер научной работы <...> требует особых условий, без соблюдения которых Академия наук не даст того, что она способна дать” [18, л. 1]. По мнению учёного, “государственная власть, если она, считаясь с обстоятельствами, хочет создать — или сохранить — Академию наук не по имени только, но и по существу — ограничена по отношению к ней законодательством, независимым от неё условием существования Академии наук. <...> социалистическая власть Союза вынуждена в данный момент иметь в среде Союза мощный центр научной работы типа Академии — то и она не имеет развязанных свободных рук в решении вопроса об её устройстве” [18, л. 1]. Сообразно с этим в основу работы Академии наук должны были быть положены три базовых принципа: автономия научной исследовательской работы, мощная исследовательская организация и равное с другими положение в мировой научной организации [18, л. 2]. По мысли Вернадского, хотя в то время предпосылки для возникновения этих идеальных условий ещё нет, формирование именно такой среды в будущем является неизбежным [18, л. 2].

Совершенно иначе смотрел на место и роль академии наук в структуре государства избранный в академики за несколько недель до составления записки В.И. Вернадского А.В. Луначарский. В его архивном фонде сохранился черновик ответа на записку, составленный в формате “коллективного письма” [19, л. 1–15]. В нём говорилось: “Познакомившись ближе с запиской и подробнее разобравшись с ней, мы считаем своим долгом самым решительным образом отмежеваться от тех принципов, которые положены в её основу” [19, л. 2]. В частности, возражения вызывал тезис Вернадского о принадлежности АН СССР “интернационалу науки”. В ответе вместо этого утверждалось: “Мы же констатируем, что такого интернационала вообще не существует, а если бы он и существовал, то надо было бы ещё определить его подлинную физиономию.

Мы констатируем, что Академия наук принадлежит прежде всего <...> именно к системе СССР, а, стало быть, и к тому международному движению, в котором наша страна занимает своё определённое место” [19, л. 3–4]. Так бывший нарком просвещения академик Луначарский обозначил место АН СССР: не в глобальной научной семье, а в обособленном мире политической себе подобных, то есть в изоляции.

Столь же полярными были и подходы двух академиков к проблеме отношения свободы науки как института и государства: “Если же Вернадский, не отрицая принадлежность АН к мнимому

<sup>55</sup>Книпович Николай Михайлович (1862–1939) — зоолог, гидробиолог, член-корреспондент АН СССР (1927), почётный член АН СССР (1935).

<sup>56</sup>Келлер Борис Александрович (1874–1945) — биолог, почвовед, действительный член АН СССР (1931).

<sup>57</sup>Волгин Вячеслав Петрович (1879–1962) — историк социалистической мысли, действительный член АН СССР (1930), вице-президент АН СССР (1942–1953).

<sup>58</sup>В заключение приводится краткая характеристика системы выборов, опускаемая в данной публикации.

интернационалу учёных, делает вывод, что советское государство не вольно политически определять характер структуры и деятельности АН, то мы, наоборот, полагаем, что и в структуре, и в деятельности своей АН должна целиком определяться потребностями важного строительства, происходящего в СССР под руководством советской власти. Из своего неправильного представления Вернадский делает вывод о необходимости автономии АН по отношению к нашей государственности и общественности.

Это положение, с нашей точки зрения, является политически чудовищным, и мы недоумеем, как может он, Вернадский, не понимать, что, поставив себя вне рамок советской государственности и общественности, АН <подписывает> себе смертный приговор” [19, л. 4–6].

Не соглашался А.В. Луначарский и с тезисом В.И. Вернадского о необходимости поддержания “тесных связей с зарубежным миром, который <...> стал, очевидно, враждебен нашему государству” [19, л. 6].

Так постепенно посредством изменения структуры Академии наук, её кадрового состава и степени её самостоятельности в решении как научных, так и управленческих вопросов государство меняло сам модус институционального измерения академической науки, встраивая её в укреплявшуюся машину тоталитарной власти. Стремительные изменения в положении АН СССР в структуре советского государства потребовали принятия нового устава, который был введён в действие 3 мая 1930 г. Академия наук сохранила статус высшего научного учреждения страны, но была переведена в подчинение Комитета по заведыванию учёными и учебными учреждениями СССР (§ 1). Была изменена цель научной деятельности Академии наук, в основу которой должно было быть положено марксистское учение, задачи, сводившиеся в основном к участию в социалистическом строительстве, соответственно, иные характеристики стали приоритетными и при определении кандидатов на замещение вакантных должностей академиков. С другой стороны, расширялись и прямые обязанности АН СССР, к которым добавилась координация работы с другими научно-исследовательскими учреждениями, работа с молодыми учёными в созданной в 1930 г. аспирантуре АН СССР, был расширен круг участников Общего собрания Академии наук, куда вошли не только действительные члены, но и члены-корреспонденты и руководители научных учреждений, не являвшиеся членами академии. Академия сохранила структуру из двух отделений — математических и естественных наук и общественных наук, которые, в свою очередь, делились на группы (в настоящий момент — секции), которые дробились далее на кафедры [7,

с. 147–151]. На персональном уровне полное подчинение АН СССР государственной власти в скором времени откликнулось репрессиями против многих крупных учёных и рядовых сотрудников академических институтов, на системном уровне — разрушением науки как сложной многокомпонентной структуры, одни составляющие которой искусственно раздувались, а другие, наоборот, подавлялись.

Дальнейшая история в большой мере подтвердила верность взглядов В.И. Вернадского на место Академии наук СССР: уже к середине XX в. АН СССР стала мощнейшим исследовательским центром, руководившим научной сферой в стране. Академия наук в сравнении с другими творческими или профессиональными организациями обладала определённой автономией, а некоторые академики позволяли себе открыто спорить с властями по наиболее актуальным вопросам повестки дня. Несмотря на жёсткий контроль со стороны властей за внешними контактами, АН СССР вела активное международное сотрудничество, играя заметную роль в международной научной жизни. Эти вопросы в числе прочих ждут своего разрешения и в настоящий момент.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Tolz V.* Russian Academicians and the Revolution. Combining Professionalism and Politics. New York: Palgrave Macmillan, 1997.
2. Литературное наследство. Т. 80: В.И. Ленин и А.В. Луначарский: Переписка, доклады, документы. М.: Наука, 1971.
3. *Вернадский В.И.* Из дневников 1921 года / Публ. М.Ю. Сорокиной // Звенья. Исторический альманах. М.: Прогресс, Atheneum, Феникс, 1991. Вып. 1. С. 475–487.
4. *Бухарин М.Д.* “Главный враг II отделения”: С.Ф. Ольденбург и академическая славистика в первой половине 1920-х годов // Scripta antiqua. Вопросы древней истории, филологии, искусства и материальной культуры. М.: Собрание, 2022. Вып. X. С. 348–378.
5. Архив РАН. Ф. 636. Оп. 4. Д. 10.
6. Архив РАН. Ф. 518. Оп. 1. Д. 314.
7. Уставы Академии наук СССР. М.: Наука, 1999.
8. *Покровский М.Н.* К отчёту о деятельности академии наук за 1926 г. / Публ. М. Юрьевой и Д. Рейзлина // Звенья. Исторический альманах. М.; СПб.: Феникс, Atheneum, 1992. Вып. 2. С. 580–599.
9. *Брачев В.С.* Укрощение строптивой, или Как АН СССР учили послушанию // Вестник АН СССР. 1990. № 4. С. 120–127.
10. *Горяинов А.Н.* “Ленинградская правда” — коллективный организатор “великого перелома” в Акаде-

- мии наук // Вестник АН СССР. 1991. № 8. С. 107–114.
11. *Ананьев В.Г., Бухарин М.Д.* Академическая наука и власть на выборах в АН СССР 1928–1929 гг. // Вестник РАН. 2021. № 4. С. 371–377.
12. *Перченко Ф.Ф.* “Дело Академии наук” и “великий перелом” в советской науке // Трагические судьбы: репрессированные учёные Академии наук СССР. М.: Наука, 1995. С. 201–235.
13. “Наше положение хуже каторжного”. Первые выборы в Академию наук СССР // Источник. 1996. № 3. С. 109–140.
14. *Андреева Е.В.* Выборы в АН СССР в 1928–1929 гг. и М.К. Любавский // Петербургские исследования. 2016. № 6. С. 184–195.
15. Центральный государственный архив историко-политических документов Санкт-Петербурга (ЦГАИПД СПб). Ф. Р-24. Оп. 16. Д. 6.
16. Санкт-Петербургский филиал Архива РАН. Ф. 729. Оп. 2. Д. 93.
17. Российский государственный архив литературы и искусства (РГАЛИ). Ф. 1297. Оп. 1. Д. 15.
18. Архив РАН. Ф. 518. Оп. 1. Д. 318.
19. РГАЛИ. Ф. 279. Оп. 2. Д. 55а.

**М.А. Акоев, В.А. Маркусова, О.В. Москалёва, В.В. Писляков.**

**Руководство по наукометрии:  
индикаторы развития науки и технологий**

Под редакцией М.А. Акоева. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2021. 358 с.

© 2022 г. Р. С. Гиляревский<sup>а,\*</sup>

<sup>а</sup>Всероссийский институт научной и технической информации РАН, Москва, Россия

\*E-mail: giliarevski@viniti.ru

Поступила в редакцию 17.02.2022 г.

После доработки 20.02.2022 г.

Принята к публикации 14.05.2022 г.

*Ключевые слова:* наукометрия, библиометрические индикаторы, Science Citation Index, индекс Хирша, публикационная активность.

DOI: 10.31857/S0869587322090067

В 2021 г. вышло в свет второе издание книги «Руководство по наукометрии: индикаторы развития науки и технологий». За минувшие после первого издания годы (первое издание датировано 2014 г.) крупные изменения произошли как в самой научной дисциплине, так и в базах данных, размещаемых на международной информационной платформе Web of Science. Наукометрия обогатилась большим количеством исследований, во многих странах возникли наукометрические центры, предложены новые показатели и объекты измерения — наряду с библиометрией получили развитие вебометрия и альтметрия. В связи с этим обновилась структура и содержание рецензируемой монографии, почти в полтора раза (с 250 до 358 страниц) увеличился её объём.

Как сказано в аннотации, книга обобщает, систематизирует знания в актуальной области и адресована тем, кто имеет о ней начальные представления и ставит перед собой цель разобраться в предмете. Изложенный авторами материал должен послужить основой изучения практических вопросов применения методов наукометрии при оценке результативности и эффективности труда исследователей и научных коллективов. В книге представлена история идеи американского учёного Ю. Гарфилда [1, 2], предложившего использовать научные ссылки в качестве средства научного поиска, и реализация его идеи в форме ин-

струмента этого поиска — Science Citation Index. Авторами рассмотрены возможности и ограничения наукометрии в процессе принятия решений, касающихся эффективности выделения ресурсов для поддержки труда учёных, а также отмечена важность привлечения экспертов в предметной области к проведению оценок. Обсуждаются библиометрические индикаторы, позволяющие оценивать «цитируемость журналов, авторов, научных коллективов и организаций и даже целых стран. Подчёркивается необходимость грамотной и аккуратной трактовки наукометрических индикаторов при принятии административных решений, распределении грантов, осуществлении кадровой политики».

Наукометрия получила большой общественный резонанс, она широко (правда, не всегда правильно) используется не только в научной, но и в образовательной сфере. Изменения коснулись и самой мультидисциплинарной платформы Web of Science. Подразделение научной информации IP&Science компании Thomson Reuters, поддерживавшей базу Web of Science на протяжении многих лет, в 2016 г. обрело статус независимой компании Clarivate. Ядром платформы Web of Science служит ключевая база данных Core Collection, состоящая из трёх созданных Ю. Гарфилдом указателей (индексов) по естественным и прикладным наукам (Science Citation Index Expanded, SCIE), общественным наукам (Social Sciences Citation Index, SSCI), гуманитарным наукам и искусству (Arts & Humanities Citation Index, AHCI), которые содержат публикации из приблизительно-

ГИЛЯРЕВСКИЙ Руджеро Сергеевич — доктор филологических наук, заведующий отделением теоретических и прикладных проблем информатики ВИНТИ РАН.



но 14 тыс. научных журналов, и индекс новых источников (Emerging Sources Citation Index, ESCI) — из 8 тыс. журналов. Остальные четыре индекса — это доклады на конференциях по естественным и прикладным наукам, по общественным и гуманитарным наукам (Conference Proceedings Citation Index, CP SE & SS), а также книги, статьи из сборников и главы монографий раздельно по комплексам наук (Book Citation Index, BK SE & SS).

За пределами ядра (Core Collection) на платформе Web of Science собран огромный массив баз данных. В их числе пять региональных баз данных научного цитирования для журналов на ключевых, помимо английского, языках (китайском, испанском и португальском, корейском, русском и арабском), специализированные базы данных, создаваемые компанией Clarivate и организациями-партнёрами, а также реферативная база данных патентной информации и специальный указатель цитирования данных. Вместе с ядром этот массив содержит информацию о более чем 185 млн научных документов, статьи и материалы из более чем 34 тыс. журналов.

Книгу открывает предисловие ко второму изданию, написанное руководителями Института научной информации Clarivate Дж. Адамсом, М. Шомшором, Д. Пендлбери и руководителем отдела образовательных программ В.Г. Богоровым. Далее следует вступительное слово Ю. Гарфилда (он скончался в 2017 г.) из первого издания, сведения об авторах монографии: М.А. Акоев — заведующий лабораторией наукометрии Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, доктор педагогических наук В.А. Маркусова — ведущий научный сотрудник Всероссийского института научной и технической информации РАН и Института проблем развития науки РАН, кандидат биологических наук О.В. Москалёва — советник директора Научной библиотеки им. М. Горького Санкт-Петербургского государственного университета, кандидат физико-математических наук В.В. Писляков — заместитель директора библиотеки Национального исследовательского университета “Высшая школа экономики”. Авторами дополнительных материалов выступают Дж. Адамс, В.Г. Богоров, Д. Пендлбери, М. Маквей — руководитель направления редакционной этики редакционной коллегии Web of Science, Clarivate, М. Шомшор, Р. Поттер — специалист по анализу данных Института научной информации Clarivate.

Монография включает введение (В.А. Маркусова) и пять глав: “Наука, технология и общество” (М.А. Акоев), “Научные публикации как средство коммуникации” (О.В. Москалёва), “Библиометрические индикаторы в ресурсах компании Clarivate” (В.В. Писляков), “Научные

публикации как средство анализа и оценки научной деятельности” (О.В. Москалёва), “Применение методов наукометрии для оценки научной деятельности” (М.А. Акоев). В дополнительных материалах размещены два отчёта Института научной информации: “Профили вместо показателей” (Дж. Адамс, М. Маквей, Д. Пендлбери, М. Шомшор), и “Мегасоавторство и научная аналитика” (Дж. Адамс, Р. Поттер, Д. Пендлбери, М. Шомшор).

Изложенный в книге материал отличается взвешенностью суждений, достоверностью фактов и разумностью рекомендаций. Авторы подчёркивают необходимость грамотной и аккуратной трактовки наукометрических индикаторов при принятии административных решений, распределении грантов, осуществлении кадровой политики. Они настаивают на необходимости привлекать экспертов для интерпретации этих индикаторов и оценки результатов научных исследований.

В книге сохранён творческий дух Ю. Гарфилда, создавшего новый способ доступа к накопленному знанию, новый информационный язык библиографических ссылок (по неудачной русской кальке с английского названный цитированием). Неслучайно он стоит в ряду таких деятелей инфосферы, как М. Дьюи, П. Отле, С. Брэдфорд, Ш. Ранганатан, М. Таубе. Нельзя не упомянуть и компанию Clarivate, возродившую в Филадельфии Институт научной информации (ISI) как научно-исследовательский центр, к которому перешло содержательное наследие Ю. Гарфилда. Именно Clarivate поддержала переиздание монографии.

Вводная глава по истории и развитию наукометрии, подготовленная В.А. Маркусовой, базируется на широком круге научных источников и личном опыте участия автора в библиометрических исследованиях. Автор воздаёт должное Ю. Гарфилду, ибо его воплощённые идеи могут рассматриваться не только в качестве нового средства координатного информационного поиска, но и изучения научных достижений путём оценки потоков научной литературы. Подробно описанная история создания указателя библиографических ссылок впечатляет не только целеустремлённостью учёного, но и упорным сопротивлением чиновников, которые теперь некорректно используют его результаты в своих целях (бюрократы в этом отношении повсюду одинаковы). Автор представляет масштабную картину развития наукометрии в мире, поскольку со многими участниками её становления В.А. Маркусова хорошо знакома, известны ей и перипетии формирования наукометрических учреждений в разных странах.

В первой главе (её содержание выходит за рамки собственно наукометрии) М.А. Акоеву удаётся показать необходимость серьёзных исследований, требующих понимания самой наукометрии как социальной институции и интеллектуальной деятельности и не сводимых к хитросплетениям статистики. Альтернатива наукометрическим показателям — экспертные оценки и интерпретации — также неоднозначна и нуждается в тщательной проработке. Автор убедительно доказывает, что в настоящее время нет методик, которые обеспечивали бы безупречную объективность оценок результативности научных исследований. При чтении этой глубокой по проникновению в существо дела главы становится понятно, что и сама эта результативность понимается часто односторонне — как доход, полученный от внедрения научных достижений в практику. Между тем в науке не меньшую роль играют фундаментальные исследования, результаты которых изменяют существующие представления о явлениях, процессах и закономерностях природы, общества и мышления. Именно эти открытия позволяют начать прикладные исследования, используемые для экономических инноваций.

О.В. Москалёва представила в книге большой материал по широкому кругу проблем: месту и роли журнала в научной деятельности, истории и характеристике научных журналов и баз данных, анализу цитирования как средства их оценки, значению классификации и классификаторов. С этих позиций автор во второй и четвёртой главах подробно рассматривает природу и значение библиометрических показателей. Во второй главе О.В. Москалёва описывает эволюцию научного журнала, принципы формирования баз данных научных публикаций и указателей цитирования, приводит информацию о существующих теориях цитирования, описывает отличительные особенности публикаций в разных научных областях, подходы к предметной классификации публикаций и исследований.

В третьей главе В.В. Писляков скрупулёзно описывает современные индикаторы библиометрии. Их много, и они разнообразны. Изложение построено методически грамотно и логично. Вначале даётся общая картина существующих параметров, затем каждый индикатор рассматривается подробно: что он отражает, как вычисляется, какими обладает преимуществами и какие имеет ограничения. При этом сначала разбираются наиболее распространённые индикаторы, а затем их многочисленные модификации и версии. Этот материал позволяет понять, что абсолютных или оптимальных показателей не существует. Их использование зависит от того, что именно вы хотите знать, в какой научной области и для решения каких практических задач. На основе приводимых в главе данных и примеров можно создавать

инструкции по применению разного рода конкретных библиометрических вычислений. Отражены многочисленные новейшие исследования (с учётом современных тенденций), в том числе проводимые самим автором, включая замену показателей профилями.

Эти же особенности отличают четвёртую главу, которая выходит за рамки тематики, затрагиваемой другими авторами. В ней описаны способы оценки публикаций, их авторов и качества научной деятельности, не связанные с так называемым цитированием и другими наукометрическими индикаторами, разбираются методы применения пресловутого индекса Хирша и подобных ему показателей для оценки высших учебных заведений и даже для сравнительного анализа целых стран. Достоинство этой главы состоит в опоре на труды классиков наукометрии Р. Мертона, Д. де Солла Прайса, В.В. Налимова, М. Боница и других, что позволяет О.В. Москалёвой не опускаться до потребительского уровня использования наукометрических показателей, а видеть их смысловое содержание.

Книга завершается главой М.А. Акоева, посвящённой применению методов наукометрии для оценки научной деятельности в организации с упором на практические аспекты работы службы наукометрической поддержки. В ней подробно обсуждается модель компетенций специалистов в области наукометрии, описана их роль в принятии и реализации управленческих решений, создании и поддержке инструментов оценки. Детально рассматриваются задачи по обеспечению качества исходных данных и их представлению для аналитических целей, анализируются методы выбора целевых ориентиров и рейтингования и их возможности и ограничения в процессах построения стратегий развития.

Книгу отличают высокая культура редактирования, иллюстративного материала, наличие добротного справочного аппарата, что становится редкостью в нынешних научных изданиях. Предметный и именной указатели, список сокращений и аннотации на русском и английском языках в конце книги и по главам, хорошо подобранные списки использованной литературы в конце каждой главы, шрифтовое и графическое разнообразие текста и иллюстраций — всё это соответствует добротности содержания.

Несколько слов о вопросах, возникающих при чтении книги. Во втором её издании большое внимание уделено классификации материалов в Web of Science, разные виды которой получили на платформе однозначные названия: широкие категории (broad categories), тематические (иногда называемые предметными) категории (subject categories), исследовательские области (research areas), исследовательские поля (ESI research

fields). Первые три совместимые друг с другом классификации служат для индексации журналов, четвёртая, несовместимая с ними, — для индексации статей. Все четыре являются списками, и робкая попытка авторов представить первые три классификации как своеобразную (не вполне строгую) иерархию не выдерживают критики — журналы могут разделяться только по спискам с обобщениями для отдельных групп категорий, роль которых и выполняют исследовательские области и широкие категории. Исходя из схемы размещения баз данных на платформе журналы могут разделяться и по трём классическим индексам цитирования. Но в тексте разных глав авторы используют ещё и термины “дисциплины”, “области науки” и “области знаний”, при этом не всегда понятно, что имеется в виду.

Другой вопрос. В нескольких разделах монографии подчёркнуто, что все статьи каждого журнала относятся к тематической категории, в которую он входит. Между тем в силу явления рассеивания статей конкретной тематики по журналам в каждом годовом комплекте конкретного журнала имеется определённое количество статей, по своему содержанию не относящихся к его профилю. Таким образом, с одной стороны, во всех журналах, причисленных к этой категории, имеются статьи, не относящиеся к ней по тематике. С другой стороны, в журналах других предметных категорий имеются статьи, относящиеся по содержанию к профилю журналов этой категории.

Авторы книги и сами понимают, что здесь что-то не так. “Если осуществить поиск всех статей конкретного журнала в журнальных индексах Web of Science CC, то получим полное совпадение указанных в описании журнала предметной категории (или нескольких, если указана не одна) и предметной категории, к которой относятся все опубликованные в журнале статьи. Однако обратный поиск по предметной категории даёт совершенно другие результаты — поиск по всем журнальным индексам по определённой предметной категории даст в результате сильно отличающийся перечень журналов, чем тот, который мы увидим при аналогичном поиске по предметной категории” (с. 167).

Причина этого казуса мне видится в том, что статьи по тому же предмету, что статьи из журналов, входящих в предметную категорию, рассеяны по всему массиву журналов платформы (их насчитывается от 21 до 34 тыс.) в соответствии с открытым С. Брэдфордом в 1934 г. явлением рассеивания статей одной тематики по всем журналам, публикующим такие статьи. К 1948 г. он сформулировал закон, по которому можно рассчитывать интенсивность такого рассеивания. Б. Викери, который анализировал математическую модель этого закона, писал: “Придя к выводу, что

его вычисления являются простым следствием прямолинейности рассматриваемой кривой, Брэдфорд так выразил это словами: “Если научные журналы расположить в порядке убывания продуктивности статей по заданной тематике, их можно разделить на ядро периодических изданий, особенно посвящённых этому предмету, и несколько групп или зон, содержащих такое же количество статей, как и в ядре; тогда количества периодических изданий в ядре и последующих зонах будут соотноситься как  $1 : n : n^2 \dots$ ” (курсив мой). Однако выделенное курсивом эквивалентно не выражению (3), а следующему:  $T_x : (T_{2x} - T_x) : (T_{3x} - T_{2x}) = 1 : n : n^2$  (4)”<sup>1</sup> [3].

Имя С. Брэдфорда упоминается в предисловии и введении в связи с тем, что Ю. Гарфилд при подготовке Science Citation Index использовал его закон для подбора журналов в указатель источников, поскольку у него ещё не было статистики цитирования. Но такое упоминание отсутствует там, где и явление рассеивания статей по журналам, и сам закон могли бы помочь исправить неверное представление многих о том, что журналы, собранные в тематической категории, содержат подавляющее большинство статей данной тематики. На самом деле в каждом годовом комплекте журнала встречаются статьи, не относящиеся к его тематическому профилю, и их количество зависит от коэффициента рассеивания статей этого профиля, что нельзя не учитывать при сопоставлении научных дисциплин по категориям журналов. А ведь за пределами предметной категории может оказаться до двух третей статей, относящихся к данной дисциплине, но рассеянных по журналам других категорий. Между тем в монографии утверждается, что “все статьи в журнале чаще всего принадлежат к одной и той же дисциплине” (с. 197).

При описании относительной цитируемости публикаций авторы утверждают: “В рамках одного журнала, за некоторыми исключениями (Science, Nature и др.), все статьи принадлежат к одной и той же дисциплине. Или, по крайней мере, эти отличия будут в среднем меньше, чем погрешность при любом другом автоматическом определении тематики публикации. Более того, если сами дисциплины приписываются статьям на основе тематической рубрикации журналов, в которых они опубликованы (как обычно делается в библиометрических базах данных), то получается, что нормализация по журналам даёт более точный, детальный взгляд на сопоставление публикаций, чем нормализация по областям науки. Всё-таки при использовании последней в рамках

<sup>1</sup> В данном контексте  $x$  отражает количество статей в ядре, и выражением (3) является:  $T_x : T_{2x} : T_{3x} : T_{4x} = 1 : 10^{x/a} : (10^{x/a})^2 : (10^{x/a})^3 = 1 : n : n^2 : n^3$ , где  $n = 10^{x/a}$ ,  $a = T_{2x} : T_x$ .

одной области могут встречаться журналы, достаточно сильно отличающиеся по тематическим подкатегориям” (с. 200–201).

Полагаю, что в процитированных фрагментах желаемое выдаётся за действительное. Рассеивание статей конкретной тематики по журналам свидетельствует о том, что отождествление предметной категории журнала с тематикой всех его статей не может быть оправданным даже с оговорками “чаще всего” или “в среднем меньше”. Большое количество исследований по сопоставлению вклада отдельных учёных, научных организаций и целых стран в различные дисциплины и области науки ведётся по числу публикаций в тематических категориях журналов. При этом объёмы публикаций часто указываются с точностью до долей процента, хотя в лучшем случае могли бы приводиться только оценочно. Да и при вычислении показателя цитируемости, нормализованного по предметной категории (Category Normalized Citation Impact – CNCI), следовало бы проявить осторожность и не торопиться с введением индикатора цитирования (JCI) для всех журналов Web of Science Core Collection [4]. Но это лишь частности, отдельные вопросы, неизбежно возникающие при знакомстве с большим и важным делом. В связи с этим очень интересным представляется появление в аналитической системе InCites, использующей данные Web of Science Core Collection, новой схемы классификации Citation Topics, основанной на тематической кластеризации публикаций по их цитируемости, а не на классификации на уровне журналов. Будущее покажет, насколько успешной окажется эта новая схема.

В заключение хотелось бы согласиться с мнением самого Ю. Гарфилда, помещённым на переплёте книги: “Данная монография – исчерпыва-

ющий обзор ряда современных методик и техник мониторинга и оценки прогресса научных исследований и технологий. Я увлечённо наблюдаю за процессом развития такого вида исследований, от наукометрии до вебометрии и альтметрии... Наукометрические показатели широко используются при оценке и продвижении научных сотрудников, выделении грантов и приёме на работу научно-исследовательского персонала. Однако мне хотелось бы подчеркнуть, что эти количественные данные не должны использоваться как единственный критерий оценки качества исследований научного учреждения или индивидуальных исследователей. Эти показатели могут способствовать формированию взвешенного экспертного суждения. Использование количественных данных без должного предварительного обучения обращению с ними и критического взгляда может воспрепятствовать прогрессу исследований и научных сотрудников. Я надеюсь, что эта книга упростит сложную задачу по тщательной и осмысленной оценке влияния и продуктивности учёных и научных коллективов”.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Гарфилд Ю.* Можно ли оценивать научные достижения и научную продуктивность? // Вестник АН СССР. 1982. № 7. С. 42–50.
2. *Гильяревский Р.С., Маркусова В.А., Чёрный А.И.* Слово о Юджине Гарфилде // Науч.-техн. информация. Сер. 2. 1995. № 12. С. 23–28.
3. *Vickery B.C.* Bradford’s law of scattering // Journal of Documentation. 1948. V. 4. № 2–3. P. 200.
4. *Гильяревский Р.С.* О некорректности использования индексов цитирования для вычислений по сопоставлению разделов науки // Научно-техническая информация. 2022. Сер. 2. № 2. С. 21–24.

## ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТДЕЛ

### НАГРАДЫ И ПРЕМИИ

DOI: 10.31857/S0869587322340011

#### ПРЕМИЯ ИМЕНИ Ю.А. ОВЧИННИКОВА 2021 ГОДА – М.П. КИРПИЧНИКОВУ И Д.А. ДОЛГИХ



Президиум РАН присудил премию им. Ю.А. Овчинникова 2021 года академику РАН Михаилу Петровичу КИРПИЧНИКОВУ и доктору биологических наук Дмитрию Александровичу ДОЛГИХ (Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН) за цикл работ “Белковая инженерия: управление структурой и функцией белковых молекул”.

Цикл посвящён разработке фундаментальных подходов к усовершенствованию структуры и функции природных белковых молекул и созда-

нию новых белков с заданными свойствами с помощью методов белковой инженерии. Авторы первые в нашей стране и одни из первых в мире, кто последовательно развивал белковую инженерию и способствовал её превращению в научно-практическую технологию, без которой нельзя представить современную физико-химическую биологию. Возможность управления структурой и функцией белковых молекул является краеугольным камнем любых биологических исследований.

Удостоенный премии цикл работ демонстрирует огромные возможности современной белковой инженерии в решении важнейших задач управления структурой и функцией белковых молекул для нужд человека. Результаты этих исследований получили широкое международное признание. Они были опубликованы в более чем 70 статьях в ведущих международных и отечественных журналах и обеспечили приоритет российской науки в области белковой инженерии — одном из важнейших направлений современной физико-химической биологии и биотехнологии.

#### ПРЕМИЯ ИМЕНИ Н.С. ШАТСКОГО 2021 ГОДА – Н.П. ЧАМОВУ



Президиум РАН присудил премию им. Н.С. Шатского 2021 года доктору геолого-минералогических наук Николаю Петровичу ЧАМОВУ (Геологический институт РАН) за монографию “Строение и развитие Среднерусско-Беломорской провинции в неопротерозое”.

Монография опубликована в 2016 г. в серии трудов Геологического института РАН.

В ней детально проанализировано развитие доплитных структур I порядка Среднерусско-Бело-

морской провинции. Рассмотрев комплекс геологических, геофизических, структурных, литологических и изотопно-геохимических данных, автор установил и охарактеризовал этапы доплитной (довендской) истории развития этой провинции. На основе значительного числа новых фактов, полученных комплексом методов, впервые для Среднерусско-Беломорской провинции разработана принципиально новая схема расчленения катаплатформенного чехла и верхней части фундамента. Научные труды Н.П. Чамова на новом уровне продолжают исследования академика Н.С. Шатского и имеют большое практическое значение.