

# ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

*научный и общественно-политический журнал*

том 92    № 4    2022    Апрель

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 01.04.2022 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 4, 2022

---

## Наука и общество

*В. П. Мельников, В. И. Осипов, А. В. Брушков, С. В. Бадина,  
С. А. Великин, Д. С. Дроздов, В. А. Дубровин, О. В. Жданеев,  
М. Н. Железняк, М. Е. Кузнецов, А. Б. Осокин, Н. А. Остарков,  
М. Р. Садуртдинов, Д. О. Сергеев, Е. В. Устинова, Р. Ю. Фёдоров,  
К. Н. Фролов, Р. В. Чжан*

Снижение устойчивости инфраструктуры ТЭК России в Арктике  
как следствие повышения среднегодовой температуры  
приповерхностного слоя криолитозоны 303

## С кафедры президиума РАН

*И. В. Бычков, Е. С. Фереферов*

Цифровые технологии мониторинга и прогнозирования экологической  
обстановки в Сибири 315

*С. С. Попов (составитель)*

Экология Сибири нуждается в научной поддержке  
*Обсуждение научного сообщения* 324

## К 300-летию Российской академии наук

*И. В. Тункина*

Бенджамин Франклин и Императорская Санкт-Петербургская академия наук 332

## Организация исследовательской деятельности

*А. В. Гринёв*

Наукометрический портрет учёного как инструмент оценки  
его достижений 339

## Точка зрения

*В. А. Лось*

В поисках перспективной стратегии развития цивилизации  
*К 50-летию выхода в свет доклада Римскому клубу “Пределы роста”* 350

## Обозрение

*Д. И. Кондратов*

Мировой рынок газа: современные тенденции и перспективы развития 360

## Из рабочей тетради исследователя

*С. В. Авакян, Л. А. Баранова*

Микроволновые излучения в проблеме современных вирусных  
заболеваний 372

## За рубежом

*В. В. Петушкова*

Опыт и перспективы устойчивого развития Китая 384

## Былое

*А. Б. Санников, С. П. Глянцев*

К биографии академика АМН СССР С.С. Юдина:  
за что был арестован всемирно известный хирург? 394

---

# CONTENTS

---

Vol. 92, No. 4, 2022

---

## Science and society

*V. P. Melnikov, V. I. Osipov, A. V. Brushkov, S. V. Badina,  
S. A. Velikin, D. S. Drozdov, V. A. Dubrovin, O. V. Zhdaneev,  
M. N. Zheleznyak, A. B. Osokin, N. A. Ostarkov, M. R. Sadurtdinov,  
D. O. Sergeev, E. V. Ustinova, R. Yu. Fedorov, K. N. Frolov, R. V. Zhang*

Decreased sustainability of Russian fuel and energy infrastructure in the Arctic  
as a result of an increase in the average annual temperature  
of the near-surface layer of the permafrost zone

303

## From the Rostrum of the RAS Presidium

*I. V. Bychkov, E. S. Fereferov*

Digital technologies for monitoring and forecasting the environmental  
situation in Siberia

315

*S. S. Popov (compiler)*

The ecology of Siberia needs scientific support.  
*Discussion of the scientific message*

324

## To the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences

*I. V. Tunkina*

Benjamin Franklin and the Imperial St. Petersburg Academy of Sciences

332

## Organization of research activities

*A. V. Grinev*

Scientometric portrait of a scientist as a tool for assessing his achievements

339

## Point of view

*V. A. Los'*

In search of a promising strategy for the development of civilization.  
*To the 50th anniversary of the publication of the report to the Club of Rome  
"The Limits to Growth"*

350

## Review

*D. I. Kondratov*

The world gas market: current trends and development prospects

360

## From the researcher's notebook

*S. V. Avakyan, L. A. Baranova*

Microwave radiation in the problem of modern viral diseases

372

## Abroad

*V. V. Petushkova*

China's Experience and Prospects for Sustainable Development

384

## Bygone times

*A. B. Sannikov, S. P. Glyantsev*

To the biography of Academician of the Academy of Medical Sciences  
of the USSR S.S. Yudin: why was the world famous surgeon arrested?

394

---



## СНИЖЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТЭК РОССИИ В АРКТИКЕ КАК СЛЕДСТВИЕ ПОВЫШЕНИЯ СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ КРИОЛИТОЗОНЫ

© 2022 г. В. П. Мельников<sup>a,b,c,\*</sup>, В. И. Осипов<sup>d,\*\*</sup>, А. В. Брушков<sup>e,c,\*\*\*</sup>, С. В. Бадина<sup>e,f,\*\*\*\*</sup>,  
С. А. Великин<sup>g,\*\*\*\*\*</sup>, Д. С. Дроздов<sup>a,h,\*\*\*\*\*</sup>, В. А. Дубровин<sup>i,\*\*\*\*\*</sup>, О. В. Жданев<sup>j,k,\*\*\*\*\*</sup>,  
М. Н. Железняк<sup>g,\*\*\*\*\*</sup>, М. Е. Кузнецов<sup>l,\*\*\*\*\*</sup>, А. Б. Осокин<sup>m,\*\*\*\*\*</sup>,  
Н. А. Остарков<sup>l,\*\*\*\*\*</sup>, М. Р. Садуртдинов<sup>a,\*\*\*\*\*</sup>,  
Д. О. Сергеев<sup>d,\*\*\*\*\*</sup>, Е. В. Устинова<sup>a,n,\*\*\*\*\*</sup>,  
Р. Ю. Фёдоров<sup>a,b,\*\*\*\*\*</sup>, К. Н. Фролов<sup>j,\*\*\*\*\*</sup>,  
Р. В. Чжан<sup>g,\*\*\*\*\*</sup>

<sup>a</sup> Институт криосферы Земли СО РАН, Тюмень, Россия

<sup>b</sup> Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень, Россия

<sup>c</sup> Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

<sup>d</sup> Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва, Россия

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

<sup>f</sup> Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия

<sup>g</sup> Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск, Россия

<sup>h</sup> Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, Москва, Россия

<sup>i</sup> Центр государственного мониторинга состояния недр и региональных работ ФГБУ “Гидроспецгеология”, Москва, Россия

<sup>j</sup> ФГБУ “Российское энергетическое агентство” Минэнерго России, Москва, Россия

<sup>k</sup> Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, Россия

<sup>l</sup> Министерство Российской Федерации по развитию Дальнего Востока и Арктики, Москва, Россия

<sup>m</sup> Инженерно-технический центр ООО “Газпром добыча Надым”, Надым, Россия

МЕЛЬНИКОВ Владимир Павлович — академик РАН, руководитель научного направления ИКЗ СО РАН, заведующий отделом методологии междисциплинарных исследований криосферы ТюмНЦ СО РАН, научный руководитель Международного института криологии и криософии ТюмГУ. ОСИПОВ Виктор Иванович — академик РАН, научный руководитель ИГЭ РАН. БРУШКОВ Анатолий Викторович — доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой геокриологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, ведущий научный сотрудник Международного института криологии и криософии ТюмГУ, БАДИНА Светлана Вадимовна — кандидат географических наук, научный сотрудник географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, старший научный сотрудник РЭУ им. Г.В. Плеханова. ВЕЛИКИН Сергей Александрович — доктор технических наук, начальник Вилюйской научно-исследовательской мерзлотной станции ИМЗ СО РАН. ДРОЗДОВ Дмитрий Степанович — доктор геолого-минералогических наук, заместитель директора по науке ИКЗ СО РАН, исполняющий обязанности заведующего кафедрой инженерной геологии РГГУ им. Серго Орджоникидзе (МГРИ). ДУБРОВИН Владимир Александрович — кандидат геолого-минералогических наук, главный специалист Центра ГМСН и РР ФГБУ “Гидроспецгеология”. ЖДАНЕВ Олег Валерьевич — кандидат физико-математических наук, заместитель генерального директора Российского энергетического агентства Минэнерго России, доцент РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. ЖЕЛЕЗНЯК Михаил Николаевич — академик АН Республики Саха (Якутия), доктор геолого-минералогических наук, директор ИМЗ СО РАН. КУЗНЕЦОВ Михаил Евгеньевич — кандидат экономических наук, директор ФАНУ “Востокгосплан” Минвостокразвития РФ. ОСОКИН Алексей Борисович — кандидат геолого-минералогических наук, заместитель начальника ИТЦ ООО “Газпром добыча Надым”. ОСТАРКОВ Николай Александрович — ведущий специалист Минвостокразвития РФ. САДУРТДИНОВ Марат Ринатович — кандидат технических наук, директор ИКЗ СО РАН. СЕРГЕЕВ Дмитрий Олегович — кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией геокриологии ИГЭ РАН. УСТИНОВА Елена Валерьевна — кандидат геолого-минералогических наук, доцент ТИУ, старший научный сотрудник ИКЗ СО РАН. ФЁДОРОВ Роман Юрьевич — доктор исторических наук, ведущий научный сотрудник ИКЗ СО РАН, ведущий научный сотрудник отдела методологии междисциплинарных исследований криосферы ТюмНЦ СО РАН. ФРОЛОВ Константин Николаевич — директор проекта Центра компетенций технологического развития ТЭК ФГБУ “Российское энергетическое агентство” Минэнерго России. ЧЖАН Рудольф Владимирович — доктор технических наук, ведущий научный сотрудник ИМЗ СО РАН.

*" Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия*

*\*E-mail: melnikov@ikz.ru*

*\*\*E-mail: osipov@geoenv.ru*

*\*\*\*E-mail: brouchkov@geol.msu.ru*

*\*\*\*\*E-mail: bad412@yandex.ru*

*\*\*\*\*\*E-mail: frozen@mirny.sakha.ru*

*\*\*\*\*\*E-mail: ds\_drozhdov@mail.ru*

*\*\*\*\*\*E-mail: dva946@yandex.ru*

*\*\*\*\*\*E-mail: Zhdaneev@rosenergo.gov.ru*

*\*\*\*\*\*E-mail: fe1956@mail.ru*

*\*\*\*\*\*E-mail: m.kuznetsov@vostokgosplan.ru*

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

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

*\*\*\*\*\*E-mail: mr\_sadurtdinov@mail.ru*

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

*\*\*\*\*\*E-mail: sciensec@ikz.ru*

*\*\*\*\*\*E-mail: r\_fedorov@mail.ru*

*\*\*\*\*\*E-mail: frolov@rosenergo.gov.ru*

*\*\*\*\*\*E-mail: zhang.rv@yandex.ru*

Поступила в редакцию 10.11.2021 г.

После доработки 17.11.2021 г.

Принята к публикации 23.11.2021 г.

В статье рассматривается влияние объектов различных отраслей топливно-энергетического комплекса России на криолитозону в Арктике и их устойчивость в связи с изменением климата и состояния верхних горизонтов криолитозоны. Описаны эффективные подходы при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов ТЭК в криолитозоне. Для наиболее значимых подотраслей энергетики (добыча и транспорт нефти и газа, обеспечение электрической энергией) проведена оценка экономического ущерба в результате изменения инженерно-геокриологических условий под воздействием естественного и антропогенного факторов. Показана необходимость внедрения новых методов проектирования и строительства, проведения на предприятиях ТЭК комплексного фонового и геотехнического мониторинга и создания центра анализа получаемых данных.

**Ключевые слова:** ТЭК, криолитозона, многолетнемёрзлые грунты, экономический ущерб, геотехнический мониторинг.

**DOI:** 10.31857/S0869587322040053

Современные изменения климата и, как следствие, изменение состояния мёрзлых грунтов на территориях с сезонным промерзанием, а также многолетнемёрзлыми грунтами (ММГ), занимающими 11.2 из 17 млн км<sup>2</sup>, или 65.5% площади страны, определяют необходимость разработки и выполнения мероприятий по адаптации энергетических объектов. Около 85% территории Арктической зоны РФ (примерно 3.5 млн км<sup>2</sup>) относится к областям сплошного распространения ММГ. Вследствие развития неблагоприятных экзогенных геологических и мерзлотных процессов существует опасность кратного роста аварийных ситуаций на объектах топливно-энергетического комплекса (ТЭК), возможной потери несущей способности оснований фундаментов зданий и инженерных сооружений в нефтегазовой отрасли, электроэнергетике, угольной промышленно-

сти: добывающих скважин, дорог, трубопроводов, плотин, ЛЭП и шахт.

В соответствии с Энергетической стратегией Российской Федерации на период до 2035 года уровень ежегодной добычи нефти и газового конденсата запланирован в 490–555 млн т, газа – в 860–1000 млрд м<sup>3</sup> [1]. Данные объёмы будут обеспечиваться освоением трудноизвлекаемых запасов континентальной части страны, новых месторождений северной части Западной и Восточной Сибири [2]. Подавляющее большинство перспективных нефтегазовых горизонтов расположено в криолитозоне России. Освоение углеводородных ресурсов влечёт за собой масштабное развитие энергетической и транспортной инфраструктуры.

Возможный ущерб в цикле потепления, длящегося десятки лет, для промышленных и гражданских объектов, расположенных только на тер-

ритории Арктической зоны РФ, может составить около 7 трлн руб. [3]. Оценка ущерба для объектов ТЭК не проводилась, новые планируемые промышленные объекты в области криолитозоны могуткратно увеличить ущерб от потепления.

В настоящее время, из-за отсутствия системных исторических данных и комплексного мониторинга криолитозоны, выполнить прогноз изменения состояния многолетнемёрзлых грунтов применительно к новым инвестиционным проектам ТЭК в криолитозоне России на период свыше 3–4 лет не представляется возможным. Возможность достоверного прогноза на среднесрочную (15–50 лет) и долгосрочную (свыше 50 лет) перспективу ограничена прежде всего точностью климатического прогнозирования и отсутствием обмена данными по фоновому и геотехническому мониторингу между компаниями ТЭК в рамках регионов и на федеральном уровне. Основой для решения данной проблемы должен стать готовящийся Федеральный закон “О промышленных данных”.

#### ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТЭК НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

Объекты ТЭК оказывают разнообразное воздействие на природную среду Арктики. На территории Ямало-Ненецкого автономного округа сосредоточено самое крупное в мире стадо оленей, которое, по примерным подсчётам, составляет около 750 тыс. голов. Восемнадцать тысяч проживающих в округе представителей коренных малочисленных народов ведут традиционный кочевой образ жизни: занимаются оленеводством, рыболовством и сбором дикоросов [4]. Одна из наиболее серьёзных проблем влияния ТЭК на жизнь оленеводов — сокращение площади пастбищ. Данная проблема обусловлена следующими факторами. Первый связан с нарушением ягельных покровов и их загрязнением в результате некачественной рекультивации территорий выводящихся из эксплуатации объектов и регулярными экологическими авариями на объектах ТЭК [5]. Второй фактор — препятствия передвижению оленей, которые создают линейные сооружения. Автодороги и трубопроводы перерезают пути миграции диких оленей, а также существенным образом сокращают или корректируют традиционные маршруты кочевий оленеводов [5]. Масштабы сокращения пастбищ в разных районах сильно варьируют в зависимости от техногенной нагрузки предприятий ТЭК, местами достигая 25% [6]. В ходе сокращения пастбищ на многих участках тундры усиливается возникающая в последние десятилетия тенденция к перевыпасу оленей, которая ведёт к деградации растительного покрова, тиксотропии и другим изменениям почв [7]. Освоение арктических нефтегазовых запасов служит

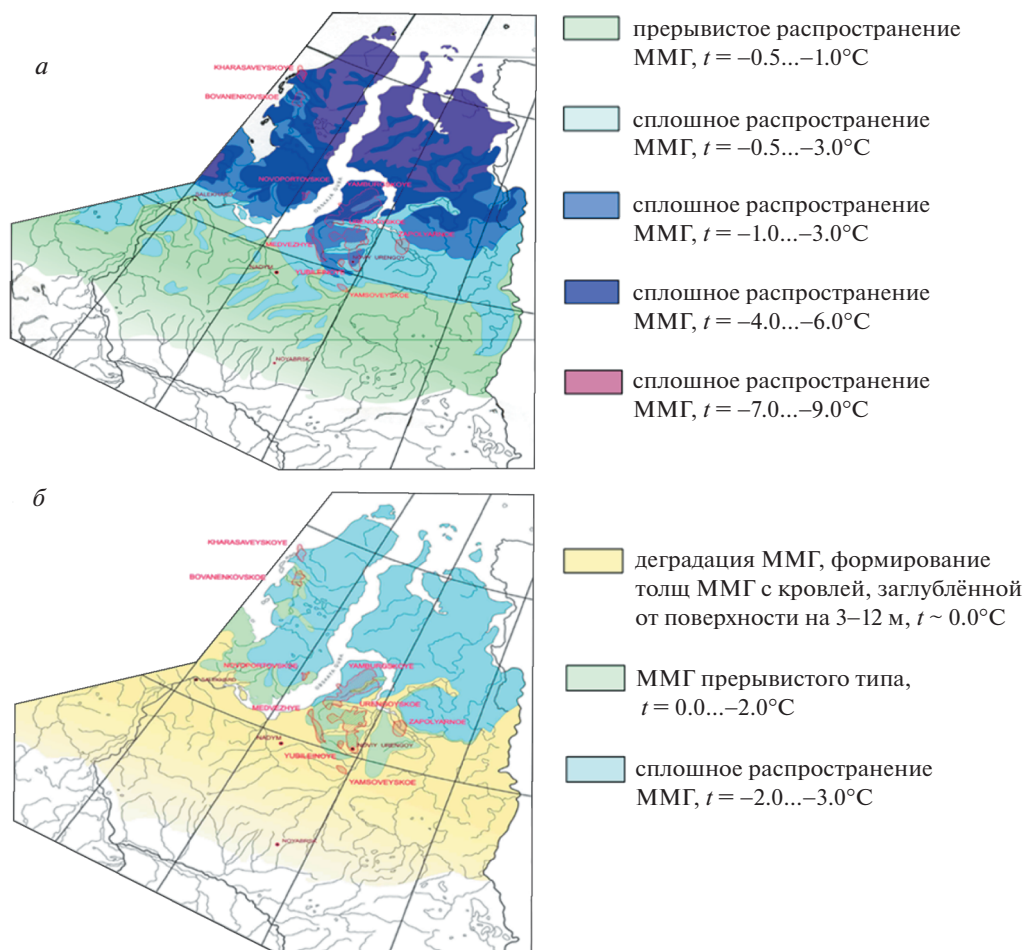
причиной нарушений не только растительности и почвы, но и гидрологических условий на поверхности, а также масштабного теплового и механического воздействия на многолетнемёрзлые грунты. В частности, загрязнение рек отходами ТЭК повлекло за собой значительное сокращение традиционных для жителей ряда арктических регионов рыболовных промыслов. Увеличение площадей протаивания многолетнемёрзлых грунтов и изменение динамики формирования ледовых и снежных покровов способствуют сокращению периодов транспортной доступности небольших удалённых поселений, а также существенно снижают пространственную мобильность охотников и собирателей. Для минимизации перечисленных проблем важна интеграция геоэкологического и геокриологического мониторинга с этнологической экспертизой [8].

#### РАЗРАБОТКА И ОСВОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

Вопрос растепления многолетнемёрзлых грунтов особенно актуален на газовых месторождениях России, так как все основные газовые месторождения-гиганты, разрабатываемые ПАО “Газпром” (Медвежье, Уренгойское, Ямбургское, Заполярное, Бованенковское и другие), а также значительная часть объектов транспорта газа расположены в зоне распространения многолетней мерзлоты [9]. К зоне распространения многолетнемёрзлых пород относится и территория новых месторождений в Восточной Сибири (Чаяндинское и Ковыктинское), к освоению которых приступила компания.

В 70-х годах прошлого столетия проектные институты не располагали достаточным опытом проектирования оснований и фундаментов на многолетнемёрзлых грунтах в условиях Арктики. Отсутствовали методики прогноза изменения геокриологических условий территории при промышленной застройке. Не было опыта масштабного применения и промышленного производства охлаждающих устройств.

Основным техническим решением по строительству фундаментов объектов нефтегазового комплекса на ММГ служило использование металлических труб в качестве свай с погружением их в талые и многолетнемёрзлые грунты буропускным и бурозабивным способом. Для сохранения многолетнемёрзлого состояния грунтов оснований и обеспечения их проектного теплового режима применялся, по сути, единственный способ — вентилируемые подполья в основаниях зданий. На участках застройки вне контуров зданий, в пределах которых располагались отдельно стоящие сооружения, оборудование, эстакады технологических трубопроводов, тепловой режим ММГ проектами был продекларирован, од-



**Рис. 1.** Динамика геокриологических условий севера Западной Сибири при наиболее высоком прогнозируемом значении тренда потепления: состояние к началу 1990-х годов (а) и к 2050 г. (б)

Источник: по данным Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН за 2012 г.

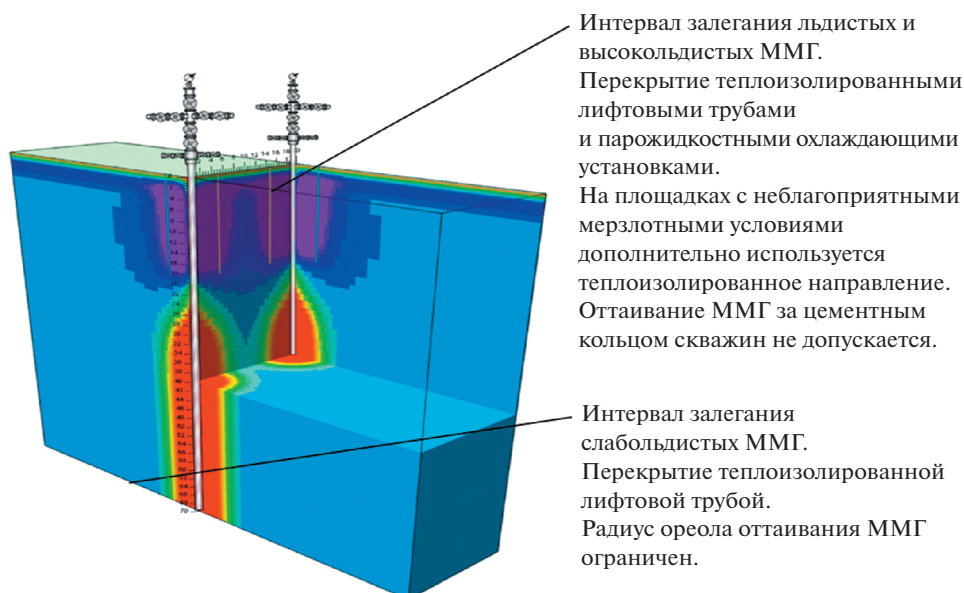
нако не обеспечен специальными техническими средствами. Не выполнялся прогноз изменений мерзлотно-геологических условий, обусловленных прямым и опосредованным тепловым воздействием зданий и сооружений, изменением условий снегонакопления и увлажнения, состава, влажности грунтов сезонно-талого (или сезонно-мёрзлого) слоя и его мощности.

В итоге при обустройстве месторождений было допущено много строительных ошибок, которые привели к последующему развитию деформаций зданий, сооружений и газопроводов, возникновению аварийных ситуаций, преждевременному физическому износу объектов и необходимости проведения значительного объёма ремонтных работ, досрочному выводу объектов из эксплуатации. Многолетнемёрзлые грунты, служившие основаниями зданий и сооружений, деградировали: из твердомёрзлого состояния перешли в пластичномёрзлое, либо оттаяли, что привело к частичной или полной потере их несущей способности.

По результатам обобщения и систематизации опыта крупного промышленного строительства на севере Западной Сибири, внедрения современных технологий проектирования и строительства на многолетнемёрзлых грунтах «Газпром» сформировал техническую политику в области геотехники в криолитозоне, прежде всего за счёт опыта дочернего общества «Газпром добыча Надым».

Фактические наблюдения свидетельствуют о повышении среднегодовых температур многолетнемёрзлых грунтов. Поэтому при проектировании новых объектов на полуострове Ямал, начиная с проекта обустройства сеноманских залежей Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения, «Газпром» предусматривает резервирование их надёжности с поправкой на прогнозируемую величину потепления, которая в свою очередь основывается на результатах научно-исследовательских работ (рис. 1).

Резервирование надёжности оснований и фундаментов достигается за счёт конструктива



**Рис 2.** Технические решения по термостабилизации многолетнемёрзлых грунтов в приустьевых зонах добывающих скважин

Источник: по материалам ООО “Газпром проектирование”.

фундаментов (речь идёт о глубине погружения свай, способе их погружения и диаметрах), но главным образом — путём использования систем термостабилизации, в том числе сезоннодействующих охлаждающих установок (СОУ). При проектировании объектов расчётный температурный режим многолетнемёрзлых грунтов оснований обосновывается посредством моделирования с использованием специализированных программных продуктов, реализующих численные методы расчёта, с учётом прогнозного тренда температуры воздуха. Фактически в основаниях строящихся объектов создаются массивы многолетнемёрзлых грунтов с программируемым тепловым состоянием и механическими свойствами.

Отдельно следует отметить новые подходы к обеспечению устойчивости добывающих скважин и площадок их размещения в условиях сплошного распространения высокольдистых ММГ на полуострове Ямал. Известно, что эксплуатация добывающих скважин в условиях вечной мерзлоты сопровождается формированием приустевых термокарстовых просадок, деформациями трубопроводных обвязок скважин, в отдельных случаях — потерей герметичности резьбовых соединений и искривлениями обсадных колонн, обусловленных оттаиванием и деформациями вмещающих скважины ММГ.

На месторождениях ПАО “Газпром” в Ямало-Ненецком автономном округе верхние горизонты газовых скважин, до глубины около 120–250 м в пределах пойм крупных рек и до 320–340 м в пределах водоразделов (морских террас), состоят из

пород в многолетнемёрзлом состоянии. При строительстве скважин на Бованенковском месторождении впервые в практике компании использовано комплексное теплотехническое решение, обеспечивающее сохранение верхних горизонтов ММГ: в конструкции скважин предусмотрены теплоизоляционные лифтовые трубы (ТЛТ) с вакуумной теплоизоляцией, спускаемые на глубину от 50 до 150 м от устья скважин. В приустевых зонах скважин монтируются парожидкостные трубчатые системы термостабилизации. Размещение кустов газовых скважин на территории месторождений осуществлено с учётом результатов специализированного геоэкологического картирования и мерзотно-параметрического бурения (рис. 2). Опыт первых лет эксплуатации Бованенковского месторождения продемонстрировал, что реализованные технические решения в полной мере себя оправдали. Кроме того, применение комплексных решений по термостабилизации устьевых зон скважин позволило сблизить их в кусте с традиционных 40 до 20–15 м, благодаря чему существенно (до 30%) снизились затраты на обустройство кустовых площадок за счёт сокращения их размеров, получен значительный экономический эффект.

На Харасавэйском месторождении, которое характеризуется ещё более сложными геоэкологическими условиями, чем Бованенковское, для теплоизоляции добывающих скважин наряду с теплоизолированными вакуумными лифтовыми трубами в конструкции применены также допол-

нительные теплоизолированные обсадные колонны с пенополиуретановой теплоизоляцией.

### ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ НЕФТИ И ГАЗА

На конец 2016 г. эксплуатационная длина магистральных газопроводов в России составляла 179 тыс. км, магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов — 71 тыс. км [10]. Общая длина магистральных нефтепроводов “Транснефти” — 7049 км, из них 1252 км — в Арктической зоне РФ. При этом на нефтепроводах в Арктике температура грунта измеряется российской нефтепроводной компанией ежемесячно по 5348 термометрическим скважинам.

Транспортные объекты из-за их большой протяжённости отличаются значительным разнообразием вдоль трассы по природным условиям и применяемым техническим решениям [11]. Поэтому стандартные подходы и методы оценки природно-техногенных опасностей применимы только после районирования трассы трубопровода и его сегментирования на участки, сходные по природным условиям и применённым техническим решениям [12].

Влияние трубопровода на многолетнемёрзлые грунты можно разделить в зависимости от вида техногенного воздействия на три типа: механические нарушения поверхности почвы, тепловые воздействия инженерных объектов и нарушения поверхностного стока на участках возведения автодорожных насыпей, оборудования трубопроводной траншеи или земляного вала над ней. Такие воздействия в конечном счёте приводят к нарушению теплообмена через поверхность и изменению теплового режима многолетнемёрзлых грунтов. Вторичные последствия изменений геокриологических условий влекут за собой активизацию инженерно-геологических процессов и порождают новые природные опасности, например, оползни или наводнения [13].

Оттаивание многолетнемёрзлых грунтов и льда в основании инженерных объектов приводит к неравномерным осадкам грунта и деформациям [14]. Развитие неравномерных осадков и, как следствие, изменение планово-высотного положения на разных участках трубы могут привести к нарушению её напряжённо-деформированного состояния и последующим возможным разрывам.

Под тепловыми воздействиями инженерных объектов в полосе землеотвода магистрального трубопровода следует понимать прежде всего отопляющее воздействие трубы и формирование ореола оттаивания в мёрзлых грунтах. Важно учитывать, что нефтепроводы почти всегда разогреты до положительных температур, а газопроводы имеют различный температурный режим, завися-

щий от интенсивности охлаждения газа на компрессорных станциях. Образование ореола оттаивания и последующая осадка грунта влекут за собой изменение положения трубопровода и возникновение аварийных ситуаций. В литературе широко представлены математические постановки задач оттаивания ММГ и даны методы их решения [15].

Проблемы возникают при пересечении трубопроводами переходных зон ландшафта с высокоинтенсивными природными процессами. К таким зонам относятся, в частности, берега рек, озёр и морей [16].

Кроме геотехнических проблем строительства и эксплуатации магистральных трубопроводов, необходимо уделять внимание также вопросам охраны окружающей среды, поскольку нерегламентированные антропогенные воздействия и последствия изменения геокриологических условий приводят к экологическому ущербу [17].

### ПРАКТИКА СООРУЖЕНИЯ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Опыт возведения плотин в криолитозоне первой в мире продемонстрировала в 1776 г. на реках Забайкалья именно Россия [18]. При этом родилась идея использовать в качестве противофильтрационной преграды в плотинах мёрзлый грунт. Так, в 1780–1792 гг. в Петровске-Забайкальском на р. Мыкырт была возведена первая грунтовая плотина мёрзлого типа высотой 9.5 м. Е.В. Близняк [19] впервые сформулировал принципы строительства грунтовых плотин в криолитозоне. В районах с вечной мерзлотой предпочтительно мёрзлое состояние ядра плотины и основания фундаментов. Надёжность плотин зависит от механических характеристик мёрзлого грунта. Не допускается просачивания воды, иначе с течением времени вода будет способствовать оттаиванию окружающих грунтов, что приведёт к отказу плотины.

В XX в. появилось несколько плотин в криолитозоне Северной Америки, в частности, на р. Литл Чена высотой 31 м (США, Аляска) и на р. Нельсон (Канада) высотой 36.6 м [20]. В настоящее время для замораживания грунтовых плотин широко используются сезоннодействующие охлаждающие установки (СОУ) [21]. Однако замораживающие системы не всегда эффективны. Пример тому — некоторые гидротехнические сооружения в Якутии, Магаданской области и на Северо-Востоке России, для поддержания которых в мёрзлом состоянии требуются большие ежегодные затраты. По талому, а точнее, по смешанному принципу работают плотины, имеющие значительную высоту — Вилюйская, Колымская, Курейская и Хантайская ГЭС. В целом они оказа-



лись более надёжными, что обусловлено в основном высокой степенью проектно-изыскательских работ, качеством сооружения и мониторингом на всех стадиях строительства и эксплуатации. Однако и эти плотины испытывают проблемы, связанные с формированием криогенного режима в теле и основании сооружения [22].

Опыт возведения гидроэнергетических объектов в криолитозоне позволил выявить особенности их строительства. Наиболее благоприятным периодом сооружения гидроузлов, как ни парадоксально, оказалась зима. Так, при строительстве Вилюйской ГЭС-1 и ГЭС-2 был предложен “сухой” метод, заключающийся в том, что запасы мелкодисперсных грунтов для зимней укладки создаются летом по мере их оттаивания с укладкой в бурты зимнего хранения. Этот метод получил дальнейшее развитие на Усть-Хантайской, Курейской, Колымской и Усть-Среднеканской ГЭС [23].

В России отработано несколько приёмов строительства плотин: методом послойного намораживания грунта (плотина 7 м на р. Наледной в Норильске) [24]; сухим методом, применявшимся на Усть-Хантайской, Курейской, Колымской и Усть-Среднеканской ГЭС [23]; методом холодного штампа на гидроузле в Якутии (р. Марха) для промораживания талика. В результате применения последнего за один зимний период был стабилизирован талик, а его размеры уменьшились по глубине с 6 до 3 м, по ширине — с 20 до 10 м, температура пород понизилась с  $-1$  до  $-4^{\circ}\text{C}$ , а выход фильтрационного потока в нижний бьеф был остановлен [24].

В условиях потепления наибольшие проблемы испытывают плотины среднего и низкого напоров. В этой связи интересен опыт эксплуатации плотин на р. Мяунджа в Магаданской области и на р. Матта в Якутии. Тепловое состояние плотины на р. Матта изменилось, правое крыло перешло в талое состояние (температура грунтов до глубины 10 м повысилась до  $+5^{\circ}\text{C}$ ), левое крыло остаётся мёрзлым, но температуры повысились с  $-3$  до  $-2^{\circ}\text{C}$ , что привело гидроузел к критическому состоянию по устойчивости [22]. В целом, несмотря на положительный опыт строительства и эксплуатации гидроузлов в криолитозоне, вопрос обеспечения их устойчивости стоит остро. Продолжается работа по совершенствованию нормативных документов. Актуализированная редакция СП 39.13330.2012 требует доработки раздела, касающегося гидротехнических сооружений в криолитозоне [20].

Плотины, возводимые в таких районах, нуждаются в геотехническом мониторинге многолетнемёрзлых грунтов. Среди типичных проблем — просачивание воды через плотину, оттаивание вечной мерзлоты вокруг водосброса, изменение

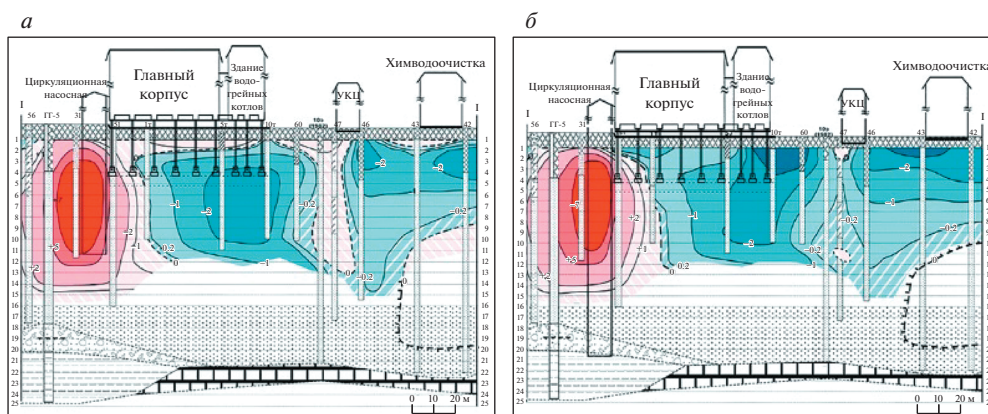
высоты плотины, отказ СОУ, оттаивание и эрозия берегов водохранилища. Увеличение объёма за счёт осадки дна при оттаивании установлено у Усть-Хантайского водохранилища, проектный уровень которого был достигнут лишь спустя 20 лет после заполнения. Однако на Вилюйском водохранилище в силу инженерно-геологического строения ложа и берегов увеличение объёма водохранилища с 1967 по 1982 г. оценивается всего в  $0.05 \text{ км}^3$ , или  $0.14\%$  [22, 25]. Плотина ГЭС на р. Вилюй построена таким образом, что охватывает долину между мёрзлыми скальными породами со льдом, заполняющим трещины. Когда её возвели, то обнаружили, что часть водного потока движется по трещинам и теряется. Потери наблюдаются и сейчас, они непредсказуемы, что представляет потенциальную угрозу для объекта. Конвекция может переносить тепло с водой в плотину, что ведёт к её оттаиванию и разрушению, как это наблюдалось на некоторых объектах в России [26] и Канаде.

## ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Якутская ТЭЦ была введена в эксплуатацию 7 ноября 1937 г. Здание ТЭЦ относится к первым крупным промышленным объектам страны и мира, построенным по принципу использования грунтов в качестве основания в мёрзлом состоянии. На территории организован геокриологический мониторинг и пробурено 54 скважины. Наблюдения показали, что характер изменений средней годовой температуры грунтов основания совпадает с межгодовой изменчивостью температуры воздуха, исключением стали участки активизации теплового техногенного воздействия. В течение 80-летней эксплуатации возникали проблемы обеспечения устойчивости сооружений из-за частичного оттаивания многолетнемёрзлых грунтов, обусловленные главным образом утечками нагретых производственных вод. Так, в 1986 г. общий объём налёдного льда, образовавшегося под главным корпусом ЯТЭЦ, составлял около  $600 \text{ м}^3$  [27]. В 1967 г. для промораживания грунтов около стены главного корпуса были установлены многотрубные сезоннодействующие охлаждающие установки системы С.И. Гапеева.

В 2009–2010 гг. происходило растепление грунтов, но в 2011 г. началось восстановление температурного режима грунтов в интервале  $1.7$ – $2.6^{\circ}\text{C}$  (рис. 3, б). Здание эксплуатируется до сих пор, столбчатые фундаменты глубиной 4.5 м находятся в удовлетворительном состоянии.

Однако есть ряд негативных примеров, касающихся электростанций. Здание дизельной котельной на объекте “Горизонт” вблизи п. Амдерма испытало осадки до 1 м из-за деформаций свай в основании, сложенном засоленными суглинками.



**Рис. 3.** Средние годовые температуры грунтов основания Якутской ТЭЦ за 2013 г. (а) и 2017 г. (б) со схемой расположения наблюдательных скважин [27]

ми, ввиду небольшого (до  $1^{\circ}\text{C}$ ) повышения его температур. Здание котельной по ул. Ленина в п. Амдерма испытало осадки, превышающие 1.5 м. Из 19 небольших тепловых и электрических станций в этом посёлке только две имеют незначительные деформации, а десять находятся в аварийном состоянии. Одна из крупнейших техногенных катастроф — разрушение бетонного основания резервуара с дизельным топливом для электростанции — произошла 29 мая 2020 г. в 12 км от центрального района города Норильска по причине осадки многолетнемёрзлых грунтов. Росприроднадзор оценил сумму экологического ущерба от разлива 21 тыс. т топлива на ТЭЦ-3 ПАО «ГМК «Норильский никель» почти в 148 млрд руб.

### СТРОИТЕЛЬСТВО ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ В КРИОЛИТОЗОНЕ

Когда в 1960-х годах началось интенсивное освоение Сибири, пришлось поставить пять трансмиссионных сетей по всей стране. Восточные, центральные и северные линии должны пересечь зоны с вечной мерзлотой. Северная энергосистема пересекает территории протяжённостью более 86 тыс. км.

Основные проблемы для строительства линии электропередачи в зоне ММГ — морозное пучение, осадка при оттаивании [28], наледообразование, изменение растительного покрова, опустынивание и деградация вечномёрзлых грунтов [29]. Морозное пучение — самая большая проблема в России и Северной Америке. На Аляске были случаи поднятия 10-метровых свай на 1–2 м за счёт морозного пучения, что привело к большим затратам на ремонт [30]. В России, к северу от Тюмени, обнаружено пучение с градиентом роста до 20 см/год. После 20 лет эксплуатации максимальное отклонение электрических столбов может со-

ставлять 2.5–2.7 м [31]. В северо-восточном Китае ряд столбов на линиях электропередачи рухнули из-за морозного пучения.

В Соединённых Штатах и Канаде для низковольтных линий электропередачи используются фундаменты с небольшой глубиной заложения. Например, трасса магистральных электросетей Онтарио с одноконтурной линией 115 кВ оборудована вертикальными деревянными сваями со стальными консолями и средним пролётом 150 м. Сваи размещаются в пробуренных отверстиях глубиной 2.4–2.7 м, которые заполняются грунтом обратной засыпки. Во влажных зонах они могут быть помещены в рифлёные железные круглые кессоны, заполненные фрагментами породы.

В России для фундаментов линий электропередачи 6–10 кВ используются стальные трубы или шнековые сваи из нержавеющей стали, установленные на глубине 5–9 м. Для линий электропередачи 35–110 кВ и 220 кВ диаметр свай увеличен до 630 мм или 720 мм с глубиной установки 10–30 м, которая зависит от напряжения, типа вечной мерзлоты, расположения линии и сил морозного пучения [32].

### ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ РАСТЕПЛЕНИЯ МЕРЗЛОТЫ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ

Одна из задач исследования — оценка ущерба для основных фондов энергетики на мезоуровне, то есть получение численных результатов для территории криолитозоны Арктической зоны Российской Федерации. Поскольку эта работа пионерная для России, первичная мелкомасштабная оценка необходима с перспективой дальнейшего уточнения и расширения полученных результатов. Мы предлагаем оценить величины ущерба от изменения инженерно-геокриологических условий для зданий и сооружений ключевой, наибо-



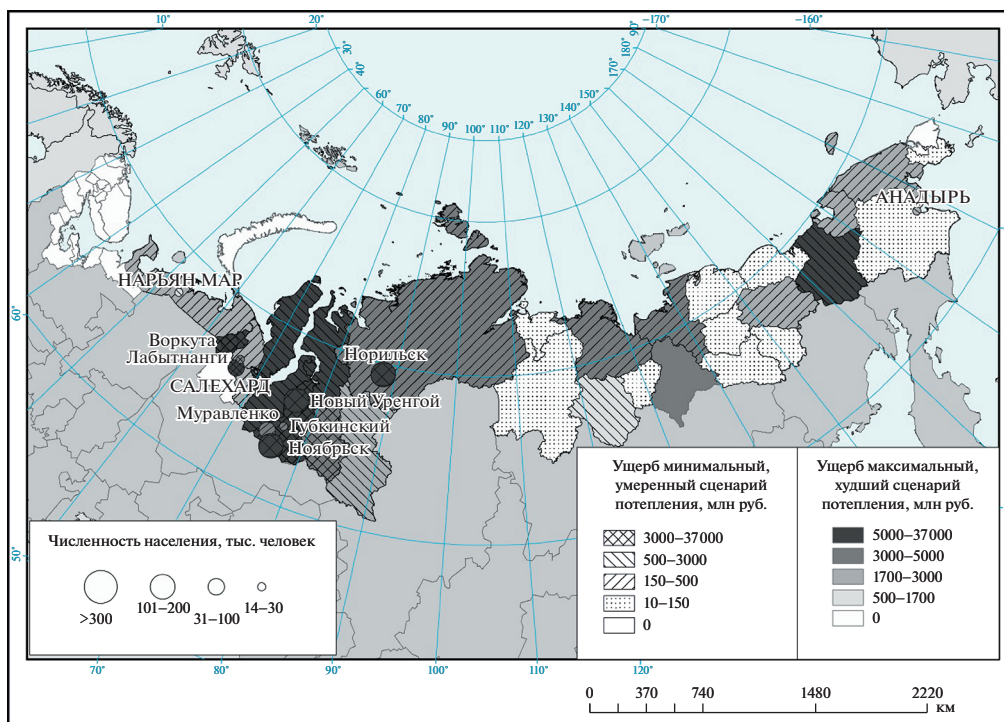


Рис. 4. Распределение возможного ущерба объектам ТЭК по муниципалитетам Арктической зоны РФ

лее социально значимой, особенно в арктических условиях, подотрасли энергетики “Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха”. Она включает деятельность по снабжению электрической и тепловой энергией, газом, паром и горячей водой с использованием постоянной инфраструктуры (сетей) трубопроводов и линий электропередачи. Ключевыми зданиями и сооружениями в данном случае становятся электростанции всех типов, линии электропередачи, предприятия по производству газообразного топлива, газопроводы (без учёта магистральных), котельные и тепловые сети.

Чтобы оценить стоимость зданий и сооружений энергетики на уровне муниципальных образований, применена методика, разработанная и апробированная авторами в предыдущих работах [33, 34]. Она основана на принципе структурной однородности, выявленной для определённых групп социально-экономических показателей, в целях дооценки неизвестных параметров на муниципальном уровне. Вкратце алгоритм состоит из следующих шагов:

1. Принимается допущение, что показатель стоимости основных фондов по виду экономической деятельности “Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха” в каждом муниципальном образовании пропорционален объёму валового производства в этой отрасли (в соответствующих пропорциях

распределяется региональное значение стоимости основных фондов за 2019 г.).

2. Выделение из общей стоимости основных фондов зданий и сооружений как наиболее восприимчивой к деградации многолетнемерзлых грунтов составляющей (через рассчитанные среднотраслевые понижающие коэффициенты). Понижающий коэффициент для отрасли “Производство и распределение электроэнергии, газа и воды”, согласно нашим расчётам, составляет 0.63 (данные 2019 г.).

Согласно проведённым расчётам, общая стоимость зданий и сооружений по виду экономической деятельности “Производство и распределение электроэнергии, газа и воды” в Арктической зоне РФ составляет около 368 млрд руб. Основываясь на ранее опубликованной нами оценке [3] и используя тот же метод, к 2050 г. общий ущерб для этой отрасли, в случае продолжения потепления и снижения несущей способности оснований, может составить от 128 до 244 млрд руб. Распределение возможного ущерба по муниципалитетам Арктической зоны представлено на рисунке 4.

#### МОНИТОРИНГ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ В ТЭК

За последние 20 лет отмечается тенденция к повышению температуры многолетнемерзлых грунтов. В Российской Федерации температура

верхних горизонтов за последние 30 лет выросла в среднем на 2°C. Система автоматизированного геотехнического мониторинга ММГ на каждом объекте ТЭК в ближайшей перспективе (5–10 лет) станет безальтернативной.

Для получения практических производственных результатов следует объединить системы мониторинга отдельных предприятий ТЭК в одну программно-аналитическую систему с возможностью прогнозирования изменений ММГ в периоде от одной недели до нескольких лет в границах отдельных субъектов РФ и в целом в криолитозоне страны. Система мониторинга ТЭК должна послужить основной для планируемой принципиальной системы мониторинга многолетнемёрзлых грунтов в масштабах Российской Федерации.

Практически доказано, что использование только относительно доступных данных среднегодовой температуры воздуха не позволит предсказать изменение вечной мерзлоты. Требуется комплекс методов: дистанционное зондирование земли (ДЗЗ), геофизические методы, система геотехнического контроля, включая наблюдательные скважины, наземные исследования. Методы ДЗЗ, в том числе аэрофотосъёмки и космосъёмки с развитием спутниковой группировки, позволяют оценивать температуру поверхности, распространение и мощность снежного покрова, поверхностные воды, структуру растительного покрова, последствия хозяйственной деятельности, изменения в рельефе, указывающие на растепление многолетнемёрзлых грунтов — например, появление новых термокарстовых озёр. Регулярно получаемые данные от ДЗЗ позволят оценить изменчивость ММГ в масштабе субъектов РФ с учётом краткосрочных и долгосрочных климатических колебаний. Использование геофизических методов для получения данных о распространении и мощности многолетнемёрзлых пород, содержании льда и мощности активного слоя особенно актуально в России с широко развитой отраслью сервисных геофизических услуг, прежде всего для нефтегазовой отрасли. Геофизические методы, в первую очередь электроразведка и сейсморазведка (скважинная и наземная), позволяют получать детальную информацию о геокриологическом строении разреза в широком масштабе, физико-механических свойствах, льдистости, влажности активного слоя и ММГ. Как и в нефтегазовой отрасли, геофизические данные должны подтверждаться оборудованием параметрических скважин с проведением в них регулярных наблюдений.

Для промышленных и гражданских зданий и сооружений требуется разработка систем контроля и расчёта напряжённо-деформированного состояния. На всех объектах ТЭК Арктической

зоны для предотвращения экологических катастроф необходимо реализовать систему геотехнического контроля с целью обеспечения механической безопасности зданий и сооружений в той части, которая определяется стабильностью оснований и фундаментов. Система геотехнического контроля рассматривается как составная часть производственного эксплуатационного контроля зданий и сооружений и системы промышленной безопасности. Система геотехнического контроля подразумевает создание специализированных подразделений, служб геотехнического мониторинга — центров ответственности за данное направление работы.

Геотехнический контроль на всех стадиях существования объектов, начиная с их проектирования и выполнения инженерных изысканий, включая стадию строительства и эксплуатации, решает следующий комплекс задач:

- непрерывный инструментальный контроль динамики геокриологических условий в основаниях инженерных объектов и пространственного положения несущих конструкций, оборудования и трубопроводов и их соответствие проектным и нормативным требованиям;
- мониторинг динамики опасных экзогенных мерзлотно-геологических процессов в зоне потенциального воздействия на инженерные сооружения;
- комплексный геотехнический прогноз динамики геокриологических условий и устойчивости оснований и фундаментов, в том числе с использованием численных методов теплотехнического и термомеханического моделирования;
- контроль напряжённо-деформированного состояния конструкций зданий, сооружений, оборудования и трубопроводов с использованием инструментальных и расчётных методов;
- контроль процесса проектирования оснований и фундаментов объектов, включая объёмы и качество инженерных изысканий, выбор площадок строительства, принятие принципиальных строительных решений;
- разработка и реализация технических мероприятий по предотвращению развития недопустимых деформаций зданий и сооружений, стабилизации оснований и фундаментов;
- совершенствование нормативной и методической базы в области проектирования и строительства на многолетнемёрзлых грунтах.

\* \* \*

Для продолжения экономически оправданного промышленного освоения территорий криолитозоны, в том числе в Арктической зоне Российской Федерации, участники топливно-энергетического комплекса страны в ближайшие

три–пять лет должны решить несколько приоритетных задач. Прежде всего необходимо провести анализ возможного ущерба в результате деградации ММГ на объектах нефтегазовой, электро-энергетической и угольной отрасли в период до 2050 г. В этой работе необходимо учесть капитальные и операционные затраты компаний ТЭК.

Сегодня фоновый мониторинг природной среды в РФ, осуществляемый учреждениями Минприроды России, Российской академии наук и Минобрнауки России, проводится в недостаточном объёме. Геотехнический мониторинг, частично включающий температурные измерения, ведётся предприятиями ТЭК, а также региональными организациями по различным методикам и в неполном объёме, нередко без учёта природных тенденций и изучения поверхностных условий, соответствующего анализа и прогнозов, а также без системы обмена данными.

Важной частью адаптации к климатическим изменениям должна стать система государственного геокриологического мониторинга состояния криолитозоны, включающего как наблюдения, так и их анализ, разработку прогнозов и технических решений по инженерной защите. В качестве первого шага возможна реализация пилотных проектов в виде региональных систем мониторинга многолетнемёрзлых грунтов на объектах ТЭК на базе отдельных субъектов Российской Федерации, где ММГ занимает значительную часть площади и где проблемы изменения климата, состояния мерзлоты и обеспечения устойчивости зданий и инженерных сооружений наиболее актуальны. Пилотными регионами могут выступить Ямало-Ненецкий автономный округ, Ненецкий автономный округ, Красноярский край, Республика Саха (Якутия) и другие регионы.

Параллельно необходимо вести системную работу по импортозамещению оборудования для мониторинга и стабилизации многолетнемёрзлых грунтов, созданию отраслевых технических заданий для отечественной электронной промышленности на термодатчики, разьёмы, микроконтроллеры, индикаторы, корпуса приборов, аккумуляторы, цифровую обрабатывающую аппаратуру. В настоящее время в российских системах мониторинга ММГ из отечественных компонентов используются только кабельная продукция и испытательные термостаты. Для анализа большого массива данных требуется участие систем искусственного интеллекта.

Учитывая прогнозный тренд потепления в Арктике, при проектировании объектов капитального строительства на многолетнемёрзлых грунтах необходимо уделить особое внимание обеспечению резервирования надёжности оснований и фундаментов, разработке перспективных методов стабилизации. Сейчас наиболее опти-

мальные виды стабилизации ММГ – различные сезоннодействующие охлаждающие устройства, составляющие не более 5% от капитальных затрат на строительство зданий и сооружений. Однако требуется разработка и новых методов обеспечения устойчивости оснований и фундаментов.

В области нормативно-правового регулирования требуется разработка новых и актуализация существующих отраслевых стандартов проектирования, строительства и эксплуатации объектов ТЭК в криолитозоне России, включая стандартизацию измерений температуры грунтов, обеспечивающих точность измерений в 0.1°C во всём диапазоне измеряемых температур грунтов при изменении внешних условий от –40 до +50°C.

В России существует единственный действующий закон о ведении хозяйственной деятельности в криолитозоне: “О сохранении вечной мерзлоты в Республике Саха (Якутия)” № 1572-V, принятый 22 мая 2018 г. В 2021 г. для создания правовой основы государственной системы мониторинга многолетнемёрзлых грунтов Минприроды России предложило внести изменения в два федеральных закона: “Об охране окружающей среды” и “О гидрометеорологической службе”. Кроме данных инициатив, назрела необходимость разработки проекта федерального закона “О вечной мерзлоте” на основе действующего в Республике Саха (Якутия) соответствующего закона.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Жданев О.В., Фролов К.Н., Коньгин А.Е., Гехаев М.Р. Разведочное бурение на арктическом и дальневосточном шельфе России // Арктика: экология и экономика. 2020. № 3(39) С. 112–125.
2. Жданев О.В., Фролов К.Н. О приоритетных направлениях развития буровых технологий в России // Нефтяное хозяйство. 2020. № 5. С. 42–48.
3. Мельников В.П., Осипов В.И., Брушков А.В. и др. Оценка ущерба жилым и промышленным зданиям и сооружениям при изменении температур и оттаивании многолетнемёрзлых грунтов в Арктической зоне Российской Федерации к середине XXI века // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2021. № 1. С. 14–31.
4. Головнев А.В., Абрамов И.В. Олени и газ: стратегии развития Ямала // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2014. № 4(27). С. 122–131.
5. Мартынова Е.П. “Чужие” в Тазовской тундре // Вестник Томского государственного университета. История. 2013. № 4(24). С. 73–77.
6. Kumpula T., Forbes B.C., Stammler F. Remote sensing and local knowledge of hydrocarbon exploitation: the case of Bovanenkovo, Yamal, West Siberia // Arctic. 2010. № 63. P. 65–178.
7. Истомин К.В., Хабек Й.О. Почвы криолитозоны и традиционное природопользование коренного населения Северо-Востока европейской части России и Западной Сибири: постановка исследовательской проблемы // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2019. № 1(44). С. 108–119.

8. Адаев В.Н., Мартынова Е.П., Новикова Н.И. Качество жизни в контексте этнологической экспертизы в Российской Арктике: Тазовский район ЯНАО. СПб.: Нестор-История, 2019.
9. Stammler F., Wilson E. Dialogue for Development: an Exploration of Relations Between Oil and Gas Companies, Communities and the State // *Sibirica*. 2006. V. 5. № 2. P. 1–42.
10. Седьмое национальное сообщение Российской Федерации, представленное в соответствии со статьями 4 и 12 Рамочной Конвенции Организации Объединённых Наций об изменении климата и статьёй 7 Киотского протокола. М., 2017.
11. Сергеев Д.О., Перлыштейн Г.З., Хименков А.Н. и др. Аэровизуальные обследования для оценки опасности экзогенных геологических процессов на трассе магистрального нефтепровода // Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Безопасность средств хранения и транспорта энергоресурсов. М.: МГОФ “Знание”, 2019. С. 295–309.
12. Lato M., Baumgard A., Foster J., Kim D. Hazard Identification and Evaluation Using UAV Photogrammetry for Pipeline Routing // *GEOQuebec-2015. Challenges from North to South*, September 20–23, 2015, Quebec City. P. 713.
13. Walker D.A. et al. Cumulative Effects of Rapid Land-Cover and Land-Use Changes on the Yamal Peninsula, Russia // *Eurasian Arctic Land Cover and Land Use in a Changing Climate*. 2010. P. 207–236.
14. Stanilovskaya J., Shmelev D., Green E., Dauboin P. Overview of trunk pipeline practice in Russian permafrost // *XI International Conference on Permafrost*, 20–24 June 2016, Potsdam. P. 1097–1098.
15. Oswell J.M. Pipelines in permafrost: geotechnical issues and lessons // *Canadian Geotechnical Journal*. 2011. № 48. P. 1412–1431.
16. Александрина Д.М., Огородов С.А. Устойчивость берегозащитных сооружений в криолитозоне // Устойчивость природных и технических систем в криолитозоне. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвящённой 60-летию образования Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск (Россия), 28–30 сентября 2020 г. Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 2020. С. 357–361.
17. Логунова Е.Н., Сергеев Д.О. Развитие методики экологического сопровождения строительства и эксплуатации магистральных трубопроводов на территории криолитозоны // *Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология*. 2014. № 3. С. 277–285.
18. Кролик Я.А. Надёжность плотин в районах Крайнего Севера и вечномёрзлых грунтов // *Проблемы механики грунтов и инженерного мерзлотоведения*. М.: Стройиздат, 1990. С. 131–143.
19. Близняк Е.В. О проектировании и строительстве плотин в условиях вечной мерзлоты // *Гидротехническое строительство*. 1937. № 9. С. 14–16.
20. Кролик Я.А. Анализ безопасности гидротехнических сооружений в криолитозоне // Сборник докладов расширенного заседания Научного совета по криологии Земли “Актуальные проблемы геокриологии” с участием российских и зарубежных учёных, инженеров и специалистов. МГУ имени М.В. Ломоносова, 15–16 мая 2018 г. Т. 1. Пленарный доклад. М.: КДУ, Университетская книга, 2018. С. 19–41.
21. Макаров В.И. Термосифоны в северном строительстве. Новосибирск: Наука, 1985.
22. Чжан Р.В., Великин С.А., Кузнецов Г.И., Крук Н.В. Грунтовые плотины в криолитозоне России. Новосибирск: АИ “Гео”, 2019.
23. Торопов Л.Н. Гидроэнергетика в суровых условиях Крайнего Севера // *Гидротехническое строительство*. 2001. № 12. С. 11–13.
24. Чжан Р.В. Геокриологические принципы работы грунтовых плотин в криолитозоне в условиях меняющегося климата // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 9–2. С. 288–296.
25. Голубчиков С.Н. Риски вторжения в гидросферу Арктики // Независимая газета. 2011. 11 мая. [https://www.ng.ru/science/2011-05-11/14\\_arctic.html](https://www.ng.ru/science/2011-05-11/14_arctic.html) (дата обращения 30.10.2021).
26. Мухетдинов Н.А. Влияние нелинейной фильтрации воздуха на термический режим каменнонабросных плотин // *Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева*. 1971. Т. 96. С. 205–217.
27. Заболотник П.С. Формирование температурного режима грунтов оснований зданий крупных теплоэнергетических объектов в криолитозоне (на примере Якутской ТЭЦ). Автореферат дис. на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук. Якутск: Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 2018.
28. Wen Z., Yu Q.H., Wang D.Y. et al. The risk evaluation of the tower foundation frost jacking along Qinghai-Tibetan transmission line and its countermeasures // *Proceedings of the 15th International Speciality Conference on Cold Regions Engineering*. ASCE2012. Québec City, Canada. American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, 2012. P. 573–582.
29. Yu Q.H., Liu H.J., Qian J. et al. Research on frozen engineering of Qinghai-Tibet 500 kV DC Power Transmission Line // *Chinese Journal of Engineering Geophysics*. 2009. № 6. P. 806–812.
30. Lyazgin A.L., Ostroborodov S.V., Pustovoi G.P. et al. Leveling of pile foundations supporting electric transmission lines by temperature control of bed soils // *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2004. № 41. P. 23–26.
31. Lyazgin A.L., Baysasan R.M., Chisnik S.A. et al. Stabilization of pile foundation subjected to frost heave and in thawing permafrost // *Proceedings of the 8th International Conference on Permafrost*. Lisse. Swets and Zeitlinger, 2003. P. 707–711.
32. Гурьянов И.Е. Несущая способность свайных фундаментов в вечномёрзлых грунтах и общий метод её натурного определения // *Природные ресурсы Арктики и Субарктики*. 2006. № 1. С. 87–90.
33. Badina S.V. Estimation of the value of buildings and structures in the context of permafrost degradation: The case of the Russian Arctic // *Polar Science*. 2021. V. 29. P. 100730.
34. Badina S.V. Prediction of Socioeconomic Risks in the Cryolithic Zone of the Russian Arctic in the Context of Upcoming Climate Changes // *Studies on Russian Economic Development*. 2020. № 31(4). P. 396–403.

## ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В СИБИРИ

© 2022 г. И. В. Бычков<sup>а,\*</sup>, Е. С. Фереферов<sup>а,\*\*</sup>

<sup>а</sup> Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН, Иркутск, Россия

\*E-mail: bychkov@icc.ru

\*\*E-mail: fereferov@icc.ru

Поступила в редакцию 15.10.2021 г.

После доработки 06.12.2021 г.

Принята к публикации 08.01.2022 г.

Статья посвящена экологическому мониторингу Сибири. Представлены региональные особенности экологических проблем, предложен комплексный подход к организации цифрового мониторинга как инструмента понимания происходящего и его прогнозирования. Рассмотрен подход к цифровизации экологического мониторинга на основе цифровых платформ, обеспечивающих сбор, хранение, обработку больших объёмов данных в распределённой сети датчиков, спутниковой информации, а также сервисов для моделирования и прогнозирования. Приводятся результаты цифрового мониторинга байкальской природной территории. Статья подготовлена на основе доклада, заслушанного на заседании президиума РАН 22 июня 2021 г.

**Ключевые слова:** экология, антропогенное воздействие, цифровой мониторинг, цифровая платформа, WPS-сервис, моделирование, прогнозирование.

DOI: 10.31857/S086958732204003X

Сибирский федеральный округ (СФО) включает в себя огромную территорию (общая площадь – 4361.8 тыс. км<sup>2</sup>) с удивительной и неповторимой природой, он богат природными ресурсами и полезными ископаемыми. Численность населения СФО – около 17 млн человек, плотность населения невелика – 3.9 на 1 км<sup>2</sup>. Валовой региональный продукт – 7134 млрд руб.



БЫЧКОВ Игорь Вячеславович – академик РАН, директор ИДСТУ им. В.М. Матросова СО РАН.  
ФЕРЕФЕРОВ Евгений Сергеевич – кандидат технических наук, учёный секретарь ИДСТУ им. В.М. Матросова СО РАН.

Бурное развитие промышленности, активная добыча полезных ископаемых, непродуманные способы ведения сельского хозяйства в регионе оказывают пагубное влияние на природу, приводят к росту риска для жизни и здоровья населения [1, 2]. Экологическая ситуация в округе весьма контрастная. На севере и в центральной части – относительно удовлетворительная (можно отметить локальное загрязнение рек); в южной части – острая (что обусловлено засолением и дефляцией почв, деградацией лесов); в районах расположения крупных городов и административных центров – очень острая (ввиду промышленного загрязнения атмосферы, вод и почв). Экологически неблагоприятными сегодня признаны города Красноярск, Норильск, Абакан, Ангарск, Искитим, Иркутск, Зима, Братск, Кызыл, Лесосибирск.

Несмотря на малонаселённость СФО, в регионе присутствует весь спектр экологических проблем. В числе наиболее острых назовём следующие.

- Антропогенное технологическое воздействие и загрязнение атмосферы, водных ресурсов, почвенного покрова промышленными предприятиями металлургического, топливно-энергетическо-



го, горнодобывающего, лесопромышленного, нефтегазодобывающего комплексов.

- Экологические аварии и катастрофы. Проблемы природно-техногенной безопасности стратегических, критически важных и потенциально опасных объектов техносферы и гидротехнических сооружений.

- Проблемы бореальных лесов Сибири (увеличение площади пожаров, эпидемиологическое поражение и рост болезней, незаконная вырубка, низкий уровень лесовосстановления).

- Значительные экологические и ландшафтные изменения, загрязнение и изменение генезиса почв, ветровая эрозия, увеличение площади нарушенных и деградированных земель.

- Проблемы сбора, утилизации и захоронения бытовых и промышленных отходов, включая радиационно-активные.

- Повышенная опасность геодинамических процессов (сейсмичность, оползни, обвалы, сели и т.п.).

- Проблемы водопользования (чрезмерное загрязнение водных объектов, нерегулируемое потребление и т.д.).

- Обострение санитарно-эпидемиологической обстановки.

- Изменение видового состава флоры и фауны, несмотря на большие площади природоохранных территорий.

- Проблемы Сибирской Арктики (изменение климата и таяние льдов, загрязнение вод северных морей, сокращение популяции арктических животных и изменение среды их обитания).

Возрастание антропогенных нагрузок на окружающую среду до масштабов, угрожающих воспроизводству природных ресурсов, и связанный с их неэффективным использованием рост рисков для жизни и здоровья граждан — один из семи больших вызовов, обозначенных в Стратегии научно-технологического развития России. В таблице 1 приведены данные по опасности чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного характера в субъектах Сибирского федерального округа. В большинстве случаев они оказываются следствием накопленного экологического ущерба. Надо отметить, что Иркутская область — одна из немногих, в которых отмечаются все три вида чрезвычайных ситуаций природного характера — наводнения, лесные пожары и землетрясения.

Из изложенного напрашивается вывод: возникшие проблемы природно-техногенной и экологической безопасности — результат дестабилизации системы “социум—техносфера—природная среда” (С—Т—П), вызванной игнорированием требований, выдвинутых в концепции устойчивого развития. Сегодня обостряются противоречия научно-технического прогресса: высокие

темпы роста техносферы ведут к возникновению новых угроз с её стороны человеку, обществу, природной среде. Для устойчивого развития хрупкой природной системы необходимо:

- от решения отдельных экологических проблем перейти к комплексному обеспечению природно-техногенной безопасности региона;

- организовать мониторинг природно-техногенной безопасности, что позволит своевременно стабилизировать кризисные явления в экономике, обеспечить сохранность и функционирование основных производственных фондов, а также защиту населения и территорий от ЧС природного и антропогенного характера;

- провести оценку уровня природных, техногенных и экологических рисков с целью формирования основы экономических механизмов регулирования природно-техногенной безопасности, снижения вероятности негативных последствий.

Мониторинг и прогнозирование экологической обстановки в регионах мира, в России и, в частности, в Сибири, чрезвычайно актуальны с учётом того, что взаимодействие человека и природы, влияние последствий технологического развития и других антропогенных факторов на окружающую среду — один из глобальных вызовов XXI века. Сегодня такой мониторинг рассредоточен по десяткам ведомств, использующих сотни методик, что не способствует повышению его качества, получению комплексной информации. Например, озеро Байкал изучается на протяжении более 100 лет, его экологический мониторинг обеспечивается Росгидрометом, Росрыболовством и многими другими структурами. Но когда в 2003 г. в прибрежной зоне Байкала начался кризис, оказалось, что ситуацию здесь никто не отслеживает.

Экологическое состояние ряда областей Сибири вызывает глубокую обеспокоенность как научного сообщества, так и проживающего там населения и для кардинального улучшения требует тесного взаимодействия РАН, Минобрнауки России, Минприроды России, Госкорпорации “Росатом” и других ведомств, заинтересованных организаций и бизнес-структур, региональных органов государственной власти и местного самоуправления. Для повышения качества экологического мониторинга необходимо создать информационную систему наблюдений, оценки и прогнозирования изменений в состоянии окружающей среды с целью выделения антропогенной составляющей этих изменений на фоне природных процессов. Такая система должна помочь не только накапливать, систематизировать и анализировать огромный массив данных, но и оценивать допустимость тех или иных нагрузок на среду в целом, резервы биосферы.

**Таблица 1.** Степень опасности чрезвычайных ситуаций природного характера в субъектах Сибирского федерального округа

Субъекты региона	Наводнения		Лесные пожары		Землетрясения		Общая степень опасности ЧС субъекта
	Площадь наводнения, тыс. км <sup>2</sup>	Население в зонах наводнения, тыс. чел.	Площадь пожаров, тыс. км <sup>2</sup>	Население в зонах пожаров, тыс. чел.	Площадь сейсмо-опасной территории, тыс. км <sup>2</sup>	Население в зонах землетрясения, тыс. чел.	
Республика Алтай	0.5	13	12	5	40	60	3
Республика Тыва	0.5	30	40	9	110	160	3
Республика Хакасия	6	95	10	7	20	70	2
Алтайский край	20	120	8	10	120	90	1
Красноярский край	3	140	1500	40	60	150	1
Иркутская область	0.9	70	180	30	160	300	1
Кемеровская область	2.7	70	16	15	130	120	1
Новосибирская область	13	300	20	15	107	320	1
Омская область	4.0	16	2.5	18	—	—	1
Томская область	3.5	40	0.9	70	—	—	1
Всего	54.1	894	1789.4	219	747	1270	—

В настоящее время большое внимание уделяется исследованию фундаментальных и прикладных экологических проблем. В этой связи актуальным становится использование комплексной цифровизации<sup>1</sup>, в частности для цифрового мониторинга экологического состояния природных территорий. Он применим как для особо охраняемых объектов — озера Байкал, Васюганских болот или сибирских бореальных лесов, от состояния которых существенно зависят погодные условия и экологическая обстановка в Сибири, на Урале и Дальнем Востоке, так и для промышленно развитых регионов, например, горнодобывающего комплекса Кузбасса.

<sup>1</sup> Под цифровизацией понимается процесс внедрения системного подхода к использованию цифровых ресурсов, внедрению цифровых технологий, киберфизических систем, интеграции датчиков во все компоненты оборудования, замене физических или аналоговых ресурсов цифровыми данными. (Прим. авт.)

Информационные системы поддержки отдельных аспектов экологического мониторинга разрабатываются и поддерживаются в Красноярском крае (<http://gis.krasn.ru/>) [3], в Кемеровской области (<http://biodiv.ict.sbras.ru:8080/red-book/welcome>) [4] и в ряде других регионов Сибири. В режиме реального времени они накапливают метеорологическую и климатическую информацию, обеспечивают сбор данных о загрязнении атмосферного воздуха, гидрологических наблюдений, состоянии биоразнообразия, информации о донных отложениях, почве, грунте. Среди зарубежных можно выделить глобальную сеть наблюдений за биоразнообразием GEO BON (The Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network, <https://geobon.org/>). Она предназначена для улучшения сбора данных наблюдений за биоразнообразием и связанных с этой проблематикой пользовательских услуг, интересующих не только представителей научного



Рис. 1. Базовые типы цифровой платформы

сообщества, но и лиц, принимающих решения в области экологии. Отметим и национальную систему мониторинга биоразнообразия в Мексике, базирующуюся на данных дистанционного зондирования и наземной сети сбора информации с 2150 участков.

В связи с развитием в мире цифровой парадигмы приоритетом становится внедрение принципов цифровых платформ, методологии и инструментов создания прикладных модулей в решение проблем экологии. Это также связано с большими объёмами тематических и пространственно-временных данных экологического мониторинга, со значительным количеством программно-аппаратных комплексов, а также совершенствованием систем передачи данных.

На протяжении последних лет институты Сибирского отделения РАН активно участвуют в цифровой трансформации экологического мониторинга Сибири, в частности, в создании базовых типов новых цифровых платформ, цифровых двойников для прогнозирования, тематических WPS<sup>2</sup>-сервисов, позволяющих моделировать сценарии событий. Цифровая платформа — это среда накопления, обмена и управления данными в структурированном виде, а также система вызова бизнес-функций с подключёнными к ней через технологические интерфейсы сервисами участников цифровой экосистемы — регионального партнёрства участников мониторинга Сибири, поддерживающих открытый информационно-вычислительный и телекоммуникационный обмен данными, сервисами их обработки, моделями, цифровыми инструментами и услугами. В

разрабатываемом подходе выделяют три базовых типа цифровых платформ: инструментальную, инфраструктурную, прикладную (рис. 1).

Инструментальная целевая платформа обеспечивает доступ участников целевой экосистемы мониторинга Сибири к разработке и отладке прикладных информационных и программно-аппаратных средств, предоставляя им инструментальные сервисы для обработки пространственно-временных данных и их интерфейсов. Инфраструктурная цифровая платформа обеспечивает создание прикладных программно-аппаратных средств мониторинга Сибири, тематических WPS-сервисов обработки и распределённого хранения данных на основе информационно-аналитической среды, сервис-ориентированных и сквозных технологий. Прикладная цифровая платформа оперирует обработанными данными на уровне отдельной группы или вида мониторинга в целом, а также поддерживает алгоритмический обмен услугами (сервисами) между участниками цифровой экосистемы с использованием информационно-аналитической среды и технологической инфраструктуры.

Важная составляющая цифровой трансформации экологического мониторинга — обеспечение его мощными информационно-вычислительными ресурсами. Сегодня в СО РАН создаётся распределённый Центр обработки данных экологического мониторинга (рис. 2). Помимо наращивания общего дискового пространства, участники объединяют региональные центры обработки данных в единую инфраструктуру, что обеспечивает исследователям надёжное хранение накопленных данных и возможность доступа к информации о состоянии различных объектов на территории СФО. К этой инфраструктуре подключены суперкомпьютерные центры СО РАН.

Использование цифровых инструментальной и инфраструктурной платформ, сервис-ориенти-

<sup>2</sup> WPS (Web Processing Service) — стандарт реализации сервисов геопроессинга (геообработки). Геопроессинг может включать в себя любой алгоритм, расчёт или модель, которые оперируют векторными или растровыми данными с пространственной привязкой. Развитием стандарта WPS занимается OGC (Open Geospatial Consortium). (Прим. ред.)



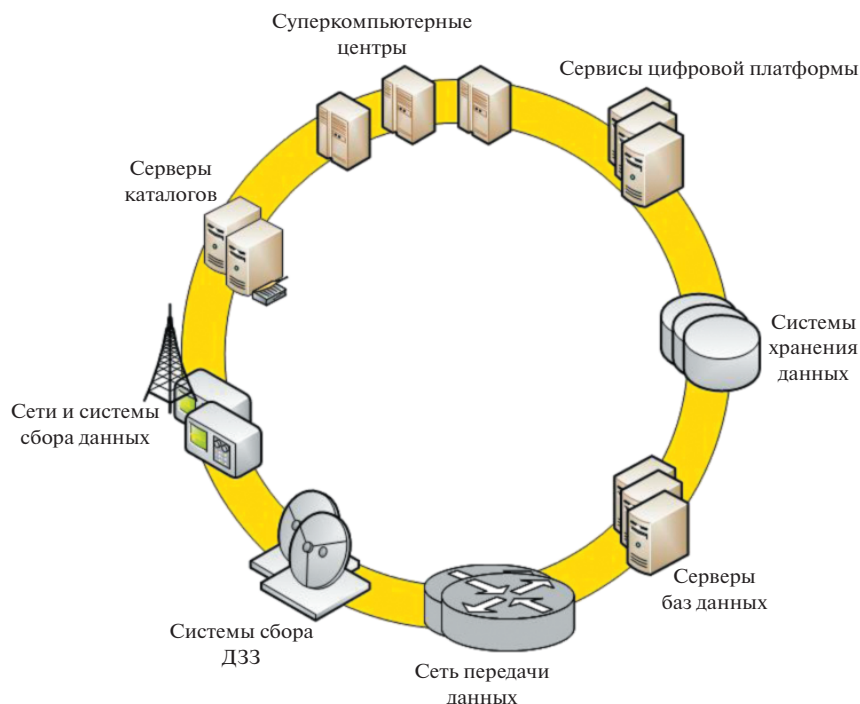


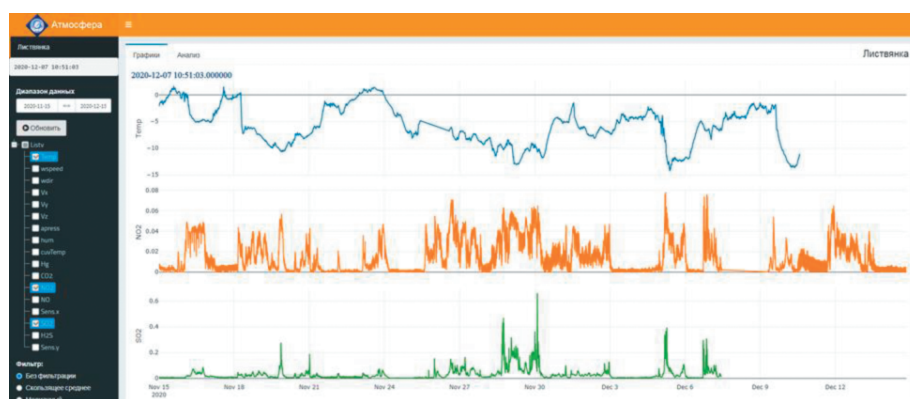
Рис. 2. Инфраструктура центров обработки данных цифрового мониторинга Сибири

рованной парадигмы, сквозных технологий, больших данных и их наполнение содержанием в форме математических и компьютерных моделей отдельных процессов и экосистем в целом, дополненных инструментами сбора и анализа данных мониторинга экосистем, в том числе получаемых с помощью дистанционного зондирования Земли и наземных сенсорных сетей, обосновывают достижимость ожидаемых результатов.

Рассмотренный подход апробирован при реализации крупного научного проекта “Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории”. Концептуальные основы шести научных направлений этого проекта формируются консорциумом 13 институтов СО РАН из Иркутска, Ангарска, Улан-Удэ, Томска и Новосибирска. Первое из них касается основ инструментальной, инфраструктурной и прикладных цифровых платформ экологического мониторинга, второе направление — мониторинга экстремальных природных явлений и антропогенных выбросов в атмосферу, третье — мониторинга гидрологических режимов водоёмов, четвёртое — оценки экологических рисков, связанных с состоянием растительного покрова, пятое — мониторинга экстремальных геологических и эколого-геохимических процессов, шестое — медико-экологического и эпидемиологического мониторинга.

В рамках первого направления предложена концепция цифровой трансформации научных исследований экологических проблем Байкальской природной территории (БПТ) [5] с использованием цифровой платформы как открытой системы алгоритмизированного сетевого взаимодействия, аккумулирующей в себе новейшие методы, технологии и предоставляющей доступ к большим объёмам пространственно-временных данных, сервисам их обработки, а также к цифровым инструментам и услугам. К настоящему времени уже разработаны архитектура системы хранения информации об объекте исследования, средств доступа к ней, инфраструктурная компонента цифровой платформы для отображения пространственно-временных данных в виде таблиц, диаграмм, карт, создан прототип подсистемы управления сервисами.

По второму научному направлению получены результаты непрерывного автоматического мониторинга (уровень разрешения — от минут до суток) переноса газовых примесей —  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}/\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{Hg}$ , а также метеорологических параметров, фиксируемых атмосферной станцией “Листвянка” [6]. Показано, что наиболее сильное загрязнение атмосферы в центральной экологической зоне на юге озера происходит при переносах воздушных масс с северо-запада в зимний период. Также получен непрерывный ряд данных круглосуточных измерений концентрации парниковых газов (приземный озон, оксид азота, диоксид азо-



**Рис. 3.** Пример цифровой регистрации антропогенных примесей в атмосфере над станцией Листвянка (верхний график — температура, средний —  $\text{NO}_2$ , нижний —  $\text{SO}_2$ )

та, диоксид серы), микрофизических характеристик аэрозоля, химического состава аэрозолей, аэрозольной оптической толщи атмосферы, метеорологических и турбулентных параметров атмосферы с использованием уникального современного оборудования (рис. 3). Исследованы энергетические объекты Байкальской природной территории. Предложена структура информации для определения их экологических характеристик. Математически описаны методы и модели определения показателей ветро-, гелио-, гео- и биопотенциала, используемых при обосновании планов сооружения возобновляемых источников энергии. Результаты этой работы дают возможность корректно сформировать структуру разрабатываемой информационно-аналитической системы и требований к её информационному наполнению для дальнейших исследований по проекту.

В рамках третьего направления (мониторинг гидрологических режимов водоёмов) разработана и введена в опытную эксплуатацию пилотная сеть станций цифрового мониторинга гидрологической обстановки на озере Байкал и впадающих притоках [7]. В их числе автономный комплекс измерения гидрофизических, гидрохимических и гидрооптических параметров литорали озера Байкал, размещённый вблизи посёлка Большие Коты [8]. Полученные данные позволили впервые детально проследить за суточными и месячными вариациями указанных параметров в переходный период от лета к зиме. Разработан и изготовлен опытный образец станции мониторинга толщины ледового покрова. Проанализированы, обработаны и верифицированы накопленные данные мониторинга уровня озера Байкал, полученные Лимнологическим институтом СО РАН в 2015–2019 гг. Сравнение их с данными Енисейского бассейнового водного управления и среднесуточными показателями постов наблюдений Иркутского и Забайкальского управлений по гид-

рометеорологии и мониторингу окружающей среды выявило значительные расхождения показателей, причины которых пока не ясны.

Оценка экологических рисков, связанных с состоянием растительного покрова (четвёртое научное направление), позволила выявить участки, отличающиеся наибольшим видовым разнообразием, предложить концепцию сети мониторинга климатически важных параметров с учётом поясности и ландшафтного разнообразия побережья горного обрамления Байкала. Определены ключевые показатели мониторинга патологий леса, отработана технология отражения средообразующих функций лесных экосистем Байкальской природной территории (поглощение углерода и продуцирование кислорода). В лабораторных условиях установлена длительность развития генерации нового для БПТ инвазионного стволового дендрофага пихты сибирской. Предложен алгоритм модели потенциального распределения биоценозов и их биопродуктивности. Разработаны система мониторинга лесных пожаров, метод идентификации гарей. Важно отметить, что эти научные исследования непременно дадут ощутимый лесохозяйственный и природоохранный эффект. Качество принятия решений в сфере охраны и защиты леса от болезней и вредителей может быть повышено с началом функционирования системы, которая должна обеспечивать автоматизированный сбор, хранение и обработку экологически значимой информации для оценки состояния и прогнозирования развития лесов, выявления тенденций как во времени, так и в пространстве.

Главный результат, полученный в рамках четвёртого научного направления, — создание пилотной сети полигонов Листвянка, Бугульдейка, Приольхонье, обеспечивающей в режиме реального времени мониторинг опасных геологических процессов в западной части центральной экологической зоны Байкальской природной



**Рис. 4.** Пункты комплексного мониторинга опасных геологических процессов на полигонах Приольхонье, Бугульдейка и Листвянка в центральной экологической зоне Байкальской природной территории

территории (рис. 4). Анализ результатов наблюдений позволит эффективно оценивать динамику процессов, оказывающих действенное влияние на состояние уникальной экосистемы озера Байкал, его водных ресурсов. Что немаловажно, повысится и качество прогноза экстремальных проявлений.

На полигоне Бугульдейка с применением буровых и горных работ созданы пункты постоянных измерений скорости движения земной коры, сейсмических и микросейсмических колебаний, концентрации радона в почве, температурного режима горных пород, а также периодических измерений удельного электрического сопротивления породного массива в верхней части земной коры. Аналогичный мониторинг ведётся на полигонах Приольхонье и Листвянка.

Для прогноза опасных геологических процессов эндогенной природы, разработаны модели деформации земной поверхности, принципы прогноза сильных землетрясений на основе анализа поля радона, метод мониторинга деформации горных пород на малых (первые метры) и средних (первые сотни метров) базах<sup>3</sup> измерения напряжений, а также методика обнаружения признаков подготовки близких, умеренных и сильных землетрясений на основе детального изучения микросейсмических полей. Предложен метод оценки температурного режима горных пород исходя из анализа мониторинговых данных с учё-

том динамики проявления опасных процессов в пределах центральной экологической зоны Байкальской природной территории. Собраны и проанализированы гидрогеохимические данные по подземным водам районов расположения геодинамических полигонов, предложен гидрогеохимический метод оценки проникновения вод Южного Байкала в активные разломы побережья, разработаны теоретические основы метода оценки режима, химического состава и качества подземных вод в пределах изучаемой зоны.

Анализ позволил выявить новые закономерности проявления опасных геологических процессов в южном Прибайкалье, связанных с миграцией подземных вод и активизацией сейсмической активности. Обнаружен феномен распространения глубинной воды Южно-Байкальского резервуара с характерными значениями соотношений активностей  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U} = 1.95\text{--}1.99$  и концентрацией  $\text{U} = 0.44\text{--}0.46$  мкг/дм<sup>3</sup> под побережьем Байкала [9]. Выявлены меняющиеся во времени соотношения компонентов подземных вод, обусловленные проявлением деформационного эффекта Чердынцева—Чалова, химического взаимодействия воды с эвапоритами и смешения подземных вод с контрастными U-изотопными характеристиками. Выполнен комплексный анализ сейсмологических, структурно-тектонических, деформометрических, эманиционных и гидрогеохимических эффектов, предшествовавших Быстринскому землетрясению и его сопровождавших (21.09.2020 г.,  $M_w = 5.4$ ) [10], установлены его сейсмологические параметры, выделены эффекты, представляющие интерес для дальнейших

<sup>3</sup> В данном контексте базой называют расстояние от пункта измерения (прибора) до точки измерения. Например, для средних баз это расстояние от лазерного дальномера до точки, в которую направлен луч.

исследований предвестников сильных землетрясений в Прибайкалье.

Коллективом Института геохимии имени А.П. Виноградова СО РАН выделены требующие постоянного контроля химические элементы и соединения, которые составят основу базы данных “Неорганические загрязнители в стоке озера Байкал (исток реки Ангары, Иркутское водохранилище, верхняя часть Братского водохранилища)”. В неё будут внесены концентрации  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , F, P, микроэлементов (Hg, Cd, Pb, Zn, As, Br, B, Ge, Al, V, Cr, Mn, Co, Ni, Fe, Cu, Mo, U, Th), а также физико-химические параметры воды, определяемые по сети отбора проб, оптимизированной для оценки качества и прогноза возможных изменений водных экосистем Байкальской природной территории.

Для обеспечения медико-экологического и эпидемиологического мониторинга (шестое научное направление) определены уровни воздействия химических загрязнителей, вызывающие острые, хронические и отдалённые нарушения здоровья при пребывании в очаге задымления [11]. Так, при массовых ландшафтных пожарах лесов Байкальской природной территории риски острого ингаляционного воздействия, рассчитанные по максимальным зарегистрированным концентрациям, обусловлены загрязнением приземного слоя атмосферы взвешенными веществами (коэффициент опасности —  $\text{HQ}_{\text{ac}} = 11.3$ ), формальдегида ( $\text{HQ}_{\text{ac}} = 1.4$ ) и оксида углерода ( $\text{HQ}_{\text{ac}} = 1.2$ ). Суммарный долевого вклад в общетоксический индекс опасности от указанных веществ составляет 96.3%. Наибольшая вероятность негативного раздражающего эффекта при остром воздействии характерна для CO (риск — 0.999),  $\text{SO}_2$  (0.945), взвешенных веществ (0.919), сажи (0.864). К высоким и средним уровням риска при хроническом воздействии продуктов горения хвойных лесов приводит экспозиция взвешенных веществ ( $\text{HQ}_{\text{cr}} = 5.4$ ), формальдегида ( $\text{HQ}_{\text{cr}} = 4.7$ ),  $\text{NO}_2$  ( $\text{HQ}_{\text{cr}} = 1.5$ ). Воздействие примесей в длительном режиме даже на уровне средних величин может привести к усилению патологии органов дыхания (индекс опасности —  $\text{HI}_{\text{cr}} = 12.7$ ), сердечно-сосудистой системы ( $\text{HI}_{\text{cr}} = 6.3$ ), повышению смертности ( $\text{HI}_{\text{cr}} = 5.9$ ).

Также предложены методические подходы к созданию биологических моделей острой интоксикации организма дымом природных пожаров. Впервые разработанная экспериментальная модель динамического торфяного пожара позволяет анализировать в экспозиционных камерах состав газовой смеси, образующейся при термическом разложении торфа. Количественная и качественная характеристика основных компонентов дыма, включающая содержание ультрадисперсных

твёрдых частиц (PM 2.5<sup>4</sup>), CO, ацетальдегида, окислов азота, альдегидов, гетероциклических соединений, терпенов, производных фенолов, показала идентичность её факторам задымления при торфяных пожарах в природных условиях. Основным критерием такой идентичности служили показатели содержания в воздухе CO и PM 2.5, составившие  $40.8 \pm 1.9 \text{ мг/м}^3$  для CO и  $0.92 \pm 0.34 \text{ мг/м}^3$  для PM 2.5. Использование модели позволит определить индикаторы нарушений здоровья при природных пожарах в Прибайкалье.

Упомянем ещё одну разработку. Это прототип кадастра природно-очаговых инфекций, имеющих эпидемиологическое значение для населения Байкальской природной территории. Кадастр содержит спектр клещевых инфекций, включая клещевой вирусный энцефалит, иксодовый клещевой боррелиоз, клещевой риккетсиоз, клещевую возвратную лихорадку, гранулоцитарный анаплазмоз человека и моноцитарный эрлихиоз человека, а также спектр других вирусных и бактериальных инфекций: вирус гриппа птиц А, геморрагическую лихорадку с почечным синдромом, лихорадку (вирус) Западного Нила, туляремию, сибирскую язву, чуму, новую коронавирусную инфекцию (SARS-CoV-2). Все эти возбудители имеют важное эпидемиологическое значение не только для Прибайкалья, но для всей нашей страны, для мира в целом.

Подводя итог можно отметить, что разработанные в рамках проекта методы и технологии позволяют создать оригинальную распределённую сервисно-ориентированную цифровую платформу хранения, обработки больших объёмов разноформатных научных данных и знаний для поддержки процессов непрерывного мониторинга крупных природных объектов, их междисциплинарных исследований и прогнозирования возможных событий. Важнейшими составляющими устойчивого развития не только Байкальского природного региона, но и всей Сибири должен стать созданный на единой концептуальной основе цифровой мониторинг с оценкой состояния природной среды и объектов техносферы, организацией региональных систем цифрового управления антропогенными, экологическими, природными, геодинамическими, радиационными, а в более глобальном смысле — территориальными рисками.

#### ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

В статье представлены результаты, полученные в рамках выполнения проекта “Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и

<sup>4</sup> PM 2.5 — загрязнитель воздуха, состоящий как из твёрдых микрочастиц, так и мельчайших капель жидкостей. Размер мелкодисперсных взвешенных частиц достигает 2.5 мк.



прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории” (грант № 075-15-2020-787 Минобрнауки России на выполнение крупного научного проекта по приоритетным направлениям научно-технологического развития).

### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы статьи выражают благодарность за предоставленные материалы институтам-партнёрам: ФИЦ информационных и вычислительных технологий, ФИЦ Красноярский научный центр СО РАН, Лимнологическому институту СО РАН, Институту вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Институту оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Байкальскому институту природопользования СО РАН, Институту земной коры СО РАН, Институту геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Институту географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Сибирскому институту физиологии и биохимии растений СО РАН, Восточно-Сибирскому институту медико-экологических исследований СО РАН, Институту солнечно-земной физики СО РАН, Институту мониторинга климатических и экологических систем СО РАН.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Золотарёв И.И. Экологические проблемы Сибирского федерального округа // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2005. № 2. С. 49–50.
2. Соян Ш.Ч. Экологические проблемы сибирских регионов // Природные ресурсы, среда и общество. 2019. № 3 (3). С. 34–38.
3. Kadochnikov A.A., Yakubailik O.E. The FRC KSC SB RAS air monitoring system of Krasnoyarsk: technological tools and preliminary results // Proceedings of SPIE. 2020. V. 11560. Art. 1156053.
4. Потапов В.П., Опарин В.Н., Счастливец Е.Л. и др. Об одном подходе к построению многослойной геоинформационной системы экологической оценки горнопромышленных регионов на примере их биоразнообразия // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2016. № 4. С. 186–196.
5. Bychkov I.V., Ruzhnikov G.M., Fedorov R.K. et al. Digital environmental monitoring technology Baikal natural territory // 3rd Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2020). CEUR Workshop Proceedings, 2020. V. 2677. P. 1–7.
6. Ходжер Т.В., Оболкин В.А., Моложникова Е.В., Шиховцев М.Ю. Некоторые результаты цифрового (in situ) мониторинга загрязнения атмосферы газовыми примесями в центральной экологической зоне Южного Байкала // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2020. Т. 34. С. 141–155.  
<https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.34.141>
7. Aslamov I.A., Makarov M.M., Gnatovsky R.Yu. et al. Development and deployment of autonomous water level monitoring system at the lower and upper sections of the Slyudyanka river // Limnology and Freshwater Biology. 2020. № 6. P. 1080–1083.
8. Aslamov I.A., Makarov M.M., Gnatovsky R.Yu. et al. Observation results of hydrophysical and hydrochemical parameters in the littoral zone of Lake Baikal // Limnology and Freshwater Biology. 2020. № 5. P. 1073–1075.
9. Rasskazov S.V., Ilyasova A.M., Chuvashova I.S. et al. Hydrogeochemical zoning of uranium isotopes ( $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ) in the Southern Siberian paleocontinent: the role of the South Baikal reservoir in the groundwater formation // Geodynamics & Tectonophysics. 2020. № 3. P. 632–650.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.5800/GT-2020-11-3-0496>;  
Рассказов С.В., Ильясова А.М., Чувашова И.С. и др. Гидрогеохимическая зональность изотопов урана ( $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ) на юге Сибирского палеоконтинента: роль резервуара Южного Байкала в формировании подземных вод // Геодинамика и тектонофизика. 2020. № 3. С. 632–650.  
<https://doi.org/10.5800/GT-2020-11-3-0496>
10. Семинский К.Ж., Борняков С.А., Добрынина А.А. и др. Быстринское землетрясение в южном Прибайкалье (21.09.2020 г., Mw=5.4): основные параметры, признаки подготовки и сопровождающие эффекты // Геология и геофизика. 2021. № 5. С. 727–743.
11. Sosedova L.M., Vokina V.A., Novikov M.A. et al. Paternal Biomass Smoke Exposure in Rats Produces Behavioral and Cognitive Alterations in the Offspring // Toxics. 2021. № 3.  
<https://doi.org/10.3390/toxics9010003>

## ЭКОЛОГИЯ СИБИРИ НУЖДАЕТСЯ В НАУЧНОЙ ПОДДЕРЖКЕ ОБСУЖДЕНИЕ НАУЧНОГО СООБЩЕНИЯ

© 2022 г. С. С. Попов (составитель)

*Журнал “Вестник Российской академии наук”, Москва, Россия*

*E-mail: ssp1950@mail.ru*

Поступила в редакцию 12.01.2022 г.

После доработки 16.01.2022 г.

Принята к публикации 19.01.2022 г.

“Российское могущество прирастать будет Сибирью и Северным океаном...” — это высказывание М.В. Ломоносова, относимое к 1763 г., часто цитируется, но смысл первых двух слов нередко сужается — под могуществом чаще всего понимаются природные богатства, которые и сегодня добываются в Сибири в гигантских объёмах. Но этот узкоутилитарный взгляд неприемлем для учёных. Что происходит с природной средой на территориях, где полезные ископаемые добываются и перерабатываются? Как экологически вредные производства, которых в Сибири множество, влияют на здоровье, уровень заболеваемости и продолжительность жизни проживающего в регионе населения? Ответы на эти вопросы требуют глубокого научного анализа, который невозможен без большой базы самых разнообразных данных. Такие данные можно собрать только на основе комплексного мониторинга атмосферы, гидросферы, литосферы, криосферы. Проблемы его организации, применения цифровых технологий сбора и обработки информации обсуждались с участием специалистов разного профиля на заседании президиума РАН. Высказанные ими оценки и предложения по улучшению экологической обстановки в Сибири представлены в настоящей статье.

*Ключевые слова:* экологический мониторинг, Байкальская природная территория, объекты накопленного вреда окружающей среде, декарбонизация экономики, природоохранные технологии.

DOI: 10.31857/S0869587322040077

Интенсивное индустриальное освоение Сибири при игнорировании внимания к поддержанию природного равновесия привело в последние десятилетия к резкому обострению экологических проблем в регионе. Сохранность бореальных лесов, чистота почв и атмосферного воздуха, тысяч рек и водоёмов, в том числе такой жемчужины, как озеро Байкал, оказались под угрозой из-за непродуманных, порой варварских методов хозяйствования. Загрязнение окружающей среды сказывается и на здоровье проживающего на этой территории населения. Неслучайно, открывая обсуждение на заседании президиума РАН современных подходов, прежде всего цифровых технологий, к мониторингу и прогнозированию экологической обстановки в Сибири (обсуждение было подготовлено при самом активном участии Сибирского отделения РАН), президент РАН А.М. Сергеев подчеркнул: “Мы должны существенно изменить отношение к чистоте дома, в котором живём”. На приведение его в порядок направлен национальный проект “Экология”. Необходимо учитывать и международный аспект

проблемы — резко активизировавшееся в последние годы мировое движение по декарбонизации экономики, в немалой степени порождённое беспокойством в связи с увеличением содержания парниковых газов в атмосфере, тревогой по поводу необратимых изменений окружающей среды, грозящих негативными последствиями для всего человечества. Показательно, что Россия в числе 192 стран подписала и ратифицировала Парижское соглашение 2015 г. к Рамочной конвенции ООН об изменении климата — соглашение регулирует меры по снижению содержания углекислого газа в атмосфере с 2020 г.

Не подлежит сомнению, что эти глобальные проблемы невозможно не только попытаться решить, но даже осмыслить без привлечения фундаментальных научных исследований, что убедительно прозвучало в докладе директора Института динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН академика РАН И.В. Бычкова, выступлениях других участников заседания президиума РАН.

О создании универсального инструмента прогнозирования и оценки эффективности управления качеством воздуха городов, состоянием водных объектов Сибири шла речь в содокладе, представленном директором красноярского Института биофизики СО РАН, первым заместителем председателя Научного совета СО РАН по проблемам экологии Сибири и Восточной Арктики академиком РАН А.Г. Дегерменджи. По его словам, в экологии как науке о взаимодействиях живых организмов, в том числе и человека, со средой обитания пока немало “белых пятен”. В их числе неразвитость экспериментального моделирования с целыми объектами и/или их частями; наличие огромного числа биологических видов с неизвестными экологическими функциями и свойствами; недостаток знаний о трофических, аллелопатических и других взаимодействиях даже доминантных видов. Отсутствие полноценной теории экосистем, существенная нелинейность взаимодействий затрудняют попытки реального управления экосистемами, приводят к серьёзным ошибкам при принятии решений. Положительный опыт в этой области, к сожалению, чрезвычайно скромен. Между тем задача восстановления состояния окружающей среды, нарушенной деятельностью человека, очень остра.

С целью разработки методов управления экосистемами, а также соответствующих технологий и их реализации на практике в СО РАН был создан Научный совет по проблемам экологии Сибири и Восточной Арктики (ПЭСВА), возглавляемый председателем СО РАН, вице-президентом РАН академиком В.Н. Пармоном. В составе совета три секции: специализация первой — оздоровление водных экосистем, второй — наземных, третьей — воздушной среды городов. В своей деятельности совет учитывает, что фундаментальные экологические исследования в соответствии с госзаданиями ведут институты РАН, технологии защиты окружающей среды от вредных выбросов — прерогатива прикладной науки, а запретительные меры — функция надзорно-контролирующих органов. Задача же совета — на основе имеющихся наработок формулировать научно обоснованные рекомендации по эффективному управлению экологическими рисками (слово “управление” здесь ключевое).

Есть уже и успешный опыт применения таких рекомендаций, когда на основе анализа данных комплексного мониторинга, проведения специальных экспериментов, математического моделирования, а на заключительном этапе — применения инженерных технологий удалось восстановить чистоту нескольких водоёмов в Красноярском крае. Один из них — Кантатское водохранилище (его площадь — 3.55 км<sup>2</sup>) в Железногорске. На протяжении полувека оно было любимым местом отдыха горожан, в нём обитала рыба самых раз-

ных пород, но из-за резко усилившегося цветения сине-зелёных водорослей качество воды в водоёме заметно ухудшилось. Учёным удалось убедить местные власти не торопиться с непродуманными действиями, а прежде провести детальное трёхгодичное исследование, включающее мониторинг цветения, бактериальных звеньев, оценку накопления минерального фосфора, и уже на основе этих данных построить модели методов “лечения”. Оказалось, что в подавлении цветения эффективен только один из них: блокировка потока фосфора со дна и удаление ила. Работы на водохранилище шли два года (в их организации и финансировании большую помощь оказал С.К. Шойгу, возглавлявший тогда Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий). Строители подняли со дна около 54 тыс. м<sup>3</sup> иловых отложений, в результате цветение прекратилось, угроза благополучию водоёма ликвидирована на многие годы. Такой подход к управлению экосистемой, по мнению академика Дегерменджи, применим и к другим объектам, включая воздушную среду сибирских городов, которая сегодня далеко не соответствует норме.

В качестве пилотного совет предложил проект оздоровления воздуха в Красноярске, одном из самых неблагополучных по экологическим характеристикам городов Сибири. Работу, по мнению учёного, необходимо начать с мониторинга, взяв за основу массив данных гидрометеослужбы и других ведомственных структур. Детальная информация о концентрации и переносе загрязнителей в атмосфере позволит создать приближённые к действительности математические модели с учётом географического положения города, температурного режима близлежащих рек, испарений (Енисей в районе Красноярска не замерзает даже зимой, и этот фактор оказывает ощутимое негативное влияние на состояние воздушной среды), ветровой обстановки, а также выбросов предприятий, автомобильного транспорта, дыма многочисленных печей частных домовладений, причём с конкретной локацией и предполагаемым объёмом загрязняющих веществ. Необходимо иметь в виду, что в результате фотохимических реакций в атмосфере типичные загрязнители могут трансформироваться в продукты более токсичные, чем исходные. Тем не менее сложными процессами, как и температурой Енисея, убеждён академик А.Г. Дегерменджи, можно управлять.

С учётом результатов математического моделирования будут предложены технологии сокращения выбросов. Например, в числе уже разработанных сибирскими учёными озон-каталитический метод очистки выхлопных газов автомобилей, технология фильтрации твёрдых частиц и уменьшения их доли при сжигании топлива, новые ка-

талитические методы сжигания углей. Эффективность предпринимаемых мер можно будет оценить, анализируя реализацию сценариев управления “технологии—затраты—сроки”, а также изменения качества воздуха районов города. Даже детальный механизм возникновения инверсии приземного слоя воздуха, порождающей многодневное “чёрное небо” над Красноярском, может быть теоретически проанализирован и смоделирован с учётом такой формы управления, как “открытая вода/лед” Енисея.

Адекватная модель формирования качества воздуха в любой точке города позволит проверить эффективность природоохранных мер по улучшению качества атмосферы, в том числе и уже реализуемых муниципальных и федеральных планов уменьшения выбросов<sup>1</sup>. В случае успешной реализации пилотного проекта созданный учёными инструмент прогноза состояния воздушной среды будет передан в администрации городов Сибири, поможет в улучшении качества управленческих решений, совершенствовании экологических технологий и даже при градостроительном планировании.

Взявший затем слово научный руководитель Института народнохозяйственного прогнозирования РАН академик РАН **Б.Н. Порфирьев** поддержал тезис о необходимости системного, комплексного мониторинга атмосферы, гидросферы, литосферы, криосферы с применением цифровых технологий, причём его результаты должны представляться потребителю информации в таком виде, чтобы он мог их использовать при принятии решений. Он также отметил актуальность мониторинга лесов, в том числе бореальных, большое внимание которому уделяет СО РАН. Оценка площади, состава, продуктивности с уточнением коэффициентов запаса углерода в почве и лесной подстилке важна для научной оценки поглощающей способности экосистем. Такие научные оценки становятся серьёзным аргументом на переговорах по углеродному налогу, укрепляя позиции России. Учитывая географическое положение нашей страны, для неё также важен комплексный мониторинг криолитозоны, причём система его должна быть межведомствен-

ной. Особенно это касается Сибири с её спецификой промышленного, жилищного, инфраструктурного строительства, и, конечно, в плане изучения последствий климатических изменений, в том числе и в зоне вечной мерзлоты с её огромной площадью.

“Проведение мониторинга требует финансовых затрат, но расчёты показывают, что они как минимум на порядок меньше годового ущерба от последствий тех опасных явлений, которые подлежат мониторингованию. Экономические расчёты также показывают, что ущерб от загрязнения и деструкции окружающей среды на порядок превосходит ущерб от опасных природных явлений при всей их значимости”, — заключил **Б.Н. Порфирьев**.

Главный научный сотрудник лаборатории теоретических основ прогноза нефтегазоносности Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН академик РАН **А.Э. Конторович** также отнёс мониторинг многолетних мёрзлых пород к числу крайне необходимых, заметив, что экологическая катастрофа в Норильске 29 мая 2020 г., вызвавшая большой общественный резонанс, произошла именно потому, что такой мониторинг не осуществлялся должным образом. Оценивая роль Академии наук в решении экологических проблем, он подчеркнул, что задача РАН — не подменять государственные структуры, а обеспечивать их грамотной информацией, рекомендациями по научным решениям и соответствующими методиками и технологиями.

Переходя к теме климатических изменений, о которых идёт речь в подписанном и ратифицированном Россией Парижском соглашении, учёный высказал такое мнение: “Совершенно не очевидно, что климатические изменения вызваны только техногенной деятельностью человека. В геологической истории Земли потепления климата происходили и до появления человека, например, 20–30 млн лет назад на островах архипелага Новая Земля рос виноград. Поэтому ответ на вопрос, имеем ли мы дело с результатом техногенной деятельности человека или это очередные игры природы, требует специального научного анализа. Это направление работ в РАН желательно усилить, чтобы промоделировать геологические процессы прошлого, сравнив их с современными”.

Упомянув стремление Европейского союза в ближайшие три десятилетия полностью отказаться от потребления нефти, газа, угля, **А.Э. Конторович** заявил, что отказ от традиционных энергоресурсов равносителен революции, не имеющей аналогов в истории человечества. Реальность её под большим вопросом, поэтому России желательно сосредоточить внимание на технологиях использования нефти, газа и угля в формах, кото-

<sup>1</sup> Как сообщила заместитель председателя Правительства РФ **В.В. Абрамченко** на совещании Президента РФ **В.В. Путина** с членами правительства, проводившемся 14 декабря 2021 г., для улучшения качества воздуха в 12 городах страны с 2020 г. проводится эксперимент по квотированию выбросов. Задача — к 2024 г. снизить совокупный объём выбросов опасных и загрязняющих веществ на 20%, что предусмотрено федеральным проектом “Чистый воздух” национального проекта “Экология”. В 2021 г. планировалось снизить выбросы на 4%, при этом наилучшие результаты достигнуты в Новокузнецке — более 25%, в Медногорске — почти 14%. Меньше чем на 1% снизились выбросы в Магнитогорске, Братске, Красноярске и Омске. В Норильске не зафиксировано положительной динамики.



рые наносят наименьший ущерб природе, минимизируя тем самым влияние этих энергоносителей на климатические процессы. На взгляд учёного, “если мы прекратим совершенствовать нефтегазовый комплекс, останемся без экономики, потому что не готовы заменить его другими отраслями. Академия наук, участвуя в анализе ситуации, должна выработать коллективные рекомендации руководству страны относительно того, как, не противореча принимаемым глобальным решениям, вписаться в мировой тренд и при этом не нанести ущерба национальной экономике России”.

Влиянию процессов добычи, хранения, транспортировки, переработки угля и угольной генерации на экологическое состояние природной среды Кузбасса посвятил своё выступление научный руководитель Федерального исследовательского центра угля и углехимии СО РАН (Кемерово) академик РАН **З.Р. Исмагилов**. В регионе добывается более половины общероссийского объёма угля, причём в последнее десятилетие в основном открытым способом, что сопряжено с большими экологическими издержками, деградацией ландшафтов. 150 000 га земли в регионе занимают отвалы и карьеры, и эта площадь ежегодно увеличивается на 9 000 га. На взрывных работах ежегодно используется до 0.5 млн тонн взрывчатки, при этом, по оценке учёных, от 2 до 5% указанного объёма, то есть не менее 10 тыс. тонн опасных соединений и продуктов их метаболизма остаются в почве. Угольные разрезы приближаются уже к жилым домам, оказываясь на расстояниях 1–2 км от них, по шахтёрским посёлкам потоком идут машины с углём. Загрязнение воздуха, воды, грунтовых и природных поверхностных вод — следствие применяемых способов угледобычи.

Говоря о состоянии воздушной среды в регионе, З.Р. Исмагилов привёл данные Кемеровского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 2015–2019 гг. Так, в 2019 г. уровень загрязнения воздуха в Прокопьевске был повышенным, в Кемерово — высоким, Новокузнецке — очень высоким. В том же году предельно допустимые концентрации (ПДК) бенз(а)пирена — крайне опасного для человека вещества, обладающего сильнейшей канцерогенностью, в Кемерово оказались превышены в среднем в 2 раза, в Новокузнецке — в 5–6 раз.

Для улучшения ситуации несколько крупных предприятий Кузбасса осуществляют масштабные экологические проекты. Региональные власти также уделяют большое внимание этим проблемам. В 2020 г. утверждена новая концепция экологической политики Кузбасса, в 2021 г. на XXIV Петербургском международном экономическом форуме губернатор Кузбасса С.Е. Цивилёв подписал соглашения с бизнесом о привлече-

нии в регион частных инвестиций на общую сумму свыше 300 млрд руб., причём более половины её пойдёт на реализацию экологических проектов, в том числе на строительство обьездной трассы в Кемерове, что будет способствовать значительному улучшению качества воздуха в городе, жители которого часто страдают от смога (в один из зимних дней 2019 г. здесь было зафиксировано 16-кратное превышение ПДК).

Для принципиального решения назревших проблем экологии угольного региона необходимо, полагает учёный, тотальное внедрение традиционных природоохранных технологий, дополнительных передовыми научными разработками. А таких в институтах СО РАН и, в частности, в кемеровском Федеральном исследовательском центре угля и углехимии немало. В их числе очистка промышленных газовых выбросов, газификация углей, утилизация и переработка шахтного метана, обезвреживание сточных вод, получение синтез-газа и водорода, производство гуминовых препаратов, а также сорбентов из углей. Генеральная задача на перспективу — создание чистых производств глубокой переработки угля в продукты с высокой добавленной стоимостью.

Возможности дистанционного мониторинга состояния атмосферы представил директор томского Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН доктор физико-математических наук **И.В. Пташник**, в самом начале своего сообщения пояснив для неспециалистов суть некоторых терминов. По его словам, дистанционное зондирование атмосферы можно условно разделить на пассивное и активное. При пассивном источнике излучения от изучаемого объекта служит Солнце или же тепловое излучение Земли. При активном зондировании — как правило, лазер в составе лидара (Light Detection and Ranging) — прибора, который посылает лазерные импульсы в атмосферу и, собирая телескопом рассеянное молекулами или аэрозолем излучение, на основе спектрального анализа определяет состав атмосферы на разном расстоянии от лидара. За полвека существования Института оптики атмосферы его сотрудниками разработаны разные виды лидаров, позволяющие дистанционно визуализировать вихревые следы самолётов в аэропортах, наблюдать за аэрозольным и газовым загрязнением атмосферы, обнаруживать нефтяные плёнки на поверхности воды. Лидары — составная часть системы “Город”, служащей для оперативного обнаружения газовых и аэрозольных загрязнений атмосферы в промышленных районах, позволяющей оперативно регистрировать не только объёмы, но и источники выбросов. Предмет гордости сотрудников института — уникальная Сибирская лидарная станция, единственный в мире лидар с диаметром приёмного зеркала 2.2 м, который

позволяет измерять профили аэрозоля, озона и температуры на расстояниях до 100 км.

Обратившись к наблюдениям за экологической обстановкой в Сибири, И.В. Пташник отметил уникальную многоуровневую систему мониторинга парниковых газов, созданную два десятилетия назад Институтом оптики атмосферы совместно с японским Институтом исследования окружающей среды. По сути, это “карбоновые полигоны”, аналоги которых сейчас начинают создаваться, как ни странно, зачастую с нуля, без учёта уже существующего опыта.

Ещё один предмет гордости сотрудников института — самолёт-лаборатория “Оптик”, включённый в каталог российских уникальных научных установок. Благодаря размещённому на его борту оборудованию учёные имеют возможность детально исследовать особенности регионального состава атмосферы. Один из наиболее интересных и вместе с тем тревожных результатов воздушных экспедиций, за который научный коллектив самолёта-лаборатории был удостоен национальной премии “Хрустальный компас”, — обнаружение резкого снижения скорости поглощения CO<sub>2</sub> лесными экосистемами Западной Сибири после 2004 г.

Экспедиция с целью комплексного исследования тропосферы над морями Российской Арктики была проведена в 2020 г. (подобных ей не выполнялось даже в СССР). Полёт самолёта-лаборатории длился 42 часа. В итоге по всем шести морям получен единовременный высотный срез концентраций газов, аэрозоля, метео- и ряда других параметров. Из наиболее интересных, но опять же тревожных результатов этой экспедиции учёный выделил два. Первый: обнаружение повышенного содержания метана у поверхности всех морей Российской Арктики, наибольшее превышение наблюдались над Карским морем. Второй: сравнение текущих результатов с измерениями шестилетней давности показало, что скорость роста содержания метана у поверхности Карского моря в 3 раза превышает характерную для высот 5 и более километров, где скорость роста концентрации этого газа сравнима со средней по Земному шару.

В конце своего выступления оратор поднял важную для научного сообщества проблему. В 2020 г. истёк нормативный срок службы самолёта-лаборатории “Оптик” — за предшествующие 40 лет он выработал свой эксплуатационный ресурс, теперь его аттестуют ежегодно и в любой момент могут списать. В итоге вскоре в стране не останется ни одного научного воздушного судна. Для сравнения: во времена Советского Союза в распоряжении АН СССР было 30 самолётов. В США научные задачи сегодня решают 30 воздушных судов, во Франции 10, большим авиапарком, пред-

назначенным для научных целей, располагают и другие европейские страны.

Научный руководитель Байкальского института природопользования СО РАН академик РАН **А.К. Тулохонов** привлёк внимание аудитории к проблемам экологического мониторинга на Байкальской природной территории, необходимости научно обоснованного разделения антропогенной и природной составляющей в изменении природной среды, недопустимости экологического алармизма. К примеру, несколько лет назад “зелёная” общественность и некоторые представители академической науки воспринимали как экологическую катастрофу зарастание водорослями мелководья Байкала, которое исчезло с началом периода многоводья. Так ухудшается ли в действительности экологическая ситуация на Байкале? Нужно учитывать, что после разрушения плановой экономики в бассейне озера закрыты десятки промышленных и аграрных предприятий, из всех основных загрязнителей дееспособны только авиационный, локомотиворемонтный заводы и мясокомбинат, суммарные сбросы которых в окружающую среду в десятки раз меньше, чем в советское время. Кроме того, ужесточение экологического законодательства и пандемия резко сократили негативное влияние туризма на экологическое благополучие центральной зоны озера.

Сегодня на охрану байкальской природы выделяются немалые средства, в том числе и на строительство очистных сооружений. Между тем существующие нормативы допустимых сбросов требуют доведения качества стоков до уровня, превышающего качество природных вод в естественном их состоянии. В результате не могут начать действовать уже построенные очистные сооружения, тормозится строительство новых природоохранных объектов. Байкальский институт природопользования СО РАН многие годы пытается привести эти нормативы в соответствие с реальной обстановкой. Однако разработку новых нормативов поручают институту в Челябинске, сотрудники которого видели Байкал разве что из окна поезда. По мнению А.К. Тулохонова, для выхода из патовой ситуации необходимо срочно утвердить новые нормативы допустимых воздействий, позволяющие завершить строительство и пуск всех запланированных очистных сооружений, что может реально повысить качество природоохранных мероприятий на Байкале.

“С момента ввода в эксплуатацию в 1959 г. Иркутской ГЭС озеро Байкал перестало быть природным объектом и теперь является частью Иркутского водохранилища, — констатировал научный руководитель Байкальского института природопользования. — В настоящее время уровень воды в Байкале полностью определяется интересами энергетиков, именно они пролоббиро-

вали допустимость изменения уровня зеркала с 455.54 м до 457.85 м, то есть с амплитудой 2 м 31 см. Между тем в естественных условиях амплитуда многолетних колебаний не превышает 1 м, обеспечивая биологическое разнообразие на байкальском мелководье и устойчивость береговой линии”.

Выступающий также отметил, что при прогнозировании экологической обстановки в Сибири необходимо учитывать следующий фактор. Значительная часть бассейна рек Иртыш, Селенга, Онон, Аргунь, Амур располагается в Китае, Казахстане и Монголии. Поэтому при проведении мониторинга водных ресурсов должны быть учтены аспекты международного сотрудничества с южными соседями России.

“Проблемы мониторинга экологической среды не относятся к сфере отдельных наук, а должны рассматриваться системно как части изучения географической оболочки планеты специалистами с базовым образованием, знающими предмет исследования, владеющими правовыми, экономическими, историческими знаниями”, — подчеркнул в заключение А.К. Тулохонов.

Вице-президент по федеральным и региональным программам ПАО “ГМК “Норильский никель” **А.М. Грачёв** признал в своём выступлении, что представляемая им компания извлекла серьёзные уроки из аварии, произошедшей в Норильске в мае 2020 г., сделав ставку в решении острейших экологических проблем Арктики на тесное взаимодействие с фундаментальной наукой. По предложению председателя СО РАН академика РАН В.Н. Пармона для детального изучения последствий аварии была проведена научно-исследовательская экспедиция с участием 36 учёных из 14 институтов. С учётом полученных результатов рассматривается возможность проведения ещё одной экспедиции, предполагающей ландшафтные, почвенные, ботанические исследования, а также изучение скорости деформации протаивающих грунтов на основе космической съёмки. С помощью СО РАН в составе Норильского государственного индустриального института сформирован исследовательский центр технологий строительства и мониторинга состояния зданий и сооружений на арктических территориях. Компания “Норильский никель” поставила перед собой важную задачу: совместно с учёными разработать новые методы хозяйствования на территории Таймыра.

Отвечая на вопрос из зала, не затормозится ли реализация “Серной программы”<sup>2</sup> из-за того, что

<sup>2</sup> “Серная программа” — масштабный экологический проект “Норникеля”, предполагающий резкое сокращение выбросов диоксида серы в регионах, где присутствуют предприятия компании. Стоимость проекта оценивается в 250 млрд руб. Предполагается, что серные выбросы в Норильске к 2025 г, то есть за пять лет осуществления проекта, сократятся на 90%.

“Норникелю” пришлось заплатить беспрецедентные штрафы в связи с аварией, произошедшей в 2020 г., **А.М. Грачёв** заверил, что масштабный экологический проект по резкому сокращению серных выбросов, разработанный опять же при поддержке фундаментальной науки, будет реализован в запланированные сроки, то есть до конца 2025 г.

Вице-президент компании “РУСАЛ” по региональной политике и взаимодействию с органами власти и управления **Е.С. Безденежных**, поддержав тезисы о важности экологического мониторинга Сибири, тесного взаимодействия производителей и учёных, отметила, что масштабные программы модернизации алюминиевых заводов РУСАЛа, рассчитанные на семь лет, предусматривают значительное сокращение вредных выбросов, оздоровление экологической обстановки в Новокузнецке, Шелехове, Братске и Красноярске.

Директор Восточно-Сибирского института медико-экологических исследований доктор медицинских наук **О.Л. Лахман** (г. Ангарск Иркутской области) остановился в своём сообщении на ключевых медико-экологических проблемах, влияющих на здоровье и продолжительность жизни населения промышленных центров Сибири. Так, при оценке профессионального риска установлено, что допустимые сроки работы в условиях воздействия неблагоприятных производственных факторов для основных профессий алюминиевого производства составили от 11 до 15 лет. Многолетний мониторинг показывает опережающий рост суммарной заболеваемости раком, например, в Республике Бурятия — в 1.9 раза, в Иркутской области — 2.4 раза, что выше, чем в среднем по стране. Выявлена ассоциированность частоты рака лёгких с уровнем содержания канцерогенов в атмосферном воздухе. У представителей ряда опасных профессий, контактирующих с канцерогенами, высока вероятность развития опухолевого процесса при стаже от 3 до 10 лет.

Анализ показателей заболеваемости населения загрязнённых районов за последние 40 лет подтвердил экспериментальные данные академика РАН С.И. Колесникова о накоплении патологии в каждом последующем поколении при воздействии токсикантов. Эпидемиологические исследования в Ангарске и Шелехове показали, что в первом поколении заболеваемость детей составила от 900 до 1400 случаев на 1000 человек и имела стабильный характер; во втором поколении наблюдался её выраженный рост, а в третьем поколении детей заболеваемость вновь имеет стабильный характер, но на самом высоком уровне. В исследованиях, проведённых совместно с Научным центром проблем здоровья семьи и репро-

дукции человека (Иркутск), показано, что при воздействии химических факторов формируется фетоплацентарная недостаточность, возникают нарушения в системе “мать—внезародышевые органы—плод”. Другой цикл исследований (на этот раз совместно с Институтом геохимии СО РАН им. А.П. Виноградова) позволил определить риски здоровью в зоне влияния химических веществ в городах Усолье-Сибирское и Саянск. Были выявлены случаи меркуриализма (отравления ртутью) не только среди работников предприятий, но и в рыбе Братского водохранилища.

По мнению О.Л. Лахмана, в “горячих экологических точках” Сибирского федерального округа актуально создание медико-экологических научных центров, аккумулирующих научные знания и лучшие практики для их последующего тиражирования и внедрения в регионах. Необходимо также инициировать поправки в Федеральный закон “Об охране окружающей среды”, закрепляющие обязательность компенсаций при потере здоровья в условиях негативного воздействия техногенно изменённой среды обитания. Назрела необходимость разработки математических моделей зависимости показателей популяционного здоровья от факторов среды с целью регионального нормирования верхнего предела содержания примесей в воздушном бассейне городов, питьевой воде, продуктах питания с учётом спектра поступающих загрязнителей. О.Л. Лахман предложил также расширить исследования с применением современных диагностических технологий в рамках скрининговых и углублённых медицинских осмотров работников, занятых на вредных и опасных производствах, а также населения, проживающего на неблагоприятных территориях.

Декан химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, председатель Научного совета РАН по глобальным экологическим проблемам член-корреспондент РАН **С.Н. Калмыков** продолжил тему мониторинга, сосредоточив внимание на самых сложных объектах накопленного вреда окружающей среде. По состоянию на 7 мая 2021 г. в государственном реестре значилось 327 таких объектов, и до обсуждения мер их очистки или изолирования требуется решить аналитическую задачу — определить состав и концентрацию присутствующих опасных веществ. Некоторые из них представляют загадку для химиков, аналитические методы их определения ещё предстоит разработать.

В качестве примера учёный привёл объект в Дзержинске Нижегородской области, представляющий собой глубокую карстовую воронку, куда годами сливались отходы полимерных производств, продукты неудачного химического синтеза. Уже удалось определить присутствие

150 компонентов; это и фенолы, и фенолформальдегидные смолы, и полимеры с разной степенью полимеризации, и минеральные кислоты, и диоксид титана, и ещё много других соединений. К их определению привлекаются институты РАН, университеты, располагающие самой современной аппаратурой, и исследователи, владеющие новейшими аналитическими методами — масс-спектрометрии, ионного циклотронного резонанса, ядерного магнитного резонанса, в том числе твердотельного, и т.д.

Помимо объектов накопленного экологического вреда окружающей среде (в их числе Усолье Сибирское, шламо-золонакопители, расположенные неподалёку от корпусов Байкальского целлюлозно-бумажного комбината) есть и другие, действующие сегодня источники опасных загрязнений, которые вызывают немало вопросов. Например, каковы источники бенз(а)пирена в воздухе Красноярска? По мнению, С.Н. Калмыкова, ответ не очевиден. Помимо Красноярского алюминиевого завода, модернизация которого крайне необходима, источником опасного вещества могут быть ТЭЦ, использующие низкокачественный уголь, и даже домохозяйства, которые отапливаются таким же низкосортным углём. При анализе ситуации необходимо учитывать не только крупные источники распространения загрязнителя, но и совокупность меньших по масштабу, но значительных по общему объёму выбросов.

Вывод, сформулированный С.Н. Калмыковым, таков: “Российская академия наук должна инициировать создание своего рода сетевой лаборатории, которая бы занималась анализом сложных систем, объектами накопленного экологического вреда. Такую лабораторию можно было бы создать в Нижнем Новгороде, где есть хорошая аналитическая база институтов РАН, университет, где создаётся инновационная долина. Московский государственный университет с удовольствием подключится к этой работе, потому что решать предстоит задачу государственного масштаба”.

Научный руководитель Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН академик РАН **Р.И. Нигматулин** в дополнение к обсуждаемой теме привёл показательные цифры. По данным пятилетней давности, США на душу населения ежегодно потребляли 9 т условной нефти, страны Европейского союза — 4,5 т, Россия — 3 т (при советской власти было около 5 т, потому что заводы работали). Тем не менее перед Россией остро стоит задача повышения эффективности сжигания топлива, прежде всего угля, но не только его. Западные страны перешли от паротурбинных к парогазотурбинным установкам, которые позволяют экономить топливо, имеют более высокий

КПД, при их работе выделяется меньше  $\text{CO}_2$ . Это пример и для нашей страны, которая фактически потеряла своё газотурбинное производство.

В настоящее время примерно 90% промышленной энергии потребляет около 20% населения планеты. Можно представить последствия для атмосферы Земли, когда и остальные 80% её жителей резко повысят уровень потребления, а они имеют на это полное право. В связи с фиксируемыми климатическими изменениями сокращение поступления двуокси углерода в атмосферу, конечно, актуально. Каковы же источники такой минимизации? Делать ставку исключительно на возобновляемую энергетику пока рано, потому что не достигнута её коммерческая эффективность. Реальный же источник сокращения карбонового следа, по оценке академика Р.И. Нигматулина, — атомная энергетика. Человечество запугано Чернобылем и Фукусимой, но опасения надо преодолеть, потому что это достаточно чистая энергетика и она освоена. Для России атомная энергетика — ресурс, который позволит заметно уменьшить карбоновый след.

Итоги дискуссии подвёл академик **А.М. Сергеев**. Поблагодарив Сибирское отделение РАН за орга-

низацию обсуждения актуальной и для Сибирского региона, и для страны в целом проблемы, потому что она касается не только чистой науки и экономики, но прежде всего — жизни и здоровья людей, проживающих на экологически неблагополучных территориях, президент РАН поставил вопрос: возможно ли организовать качественный, всеобъемлющий экологический мониторинг при недостаточности или полном отсутствии передового научного инструментария? Ответ очевиден, если учесть, что в распоряжении институтов РАН в настоящее время всего одно воздушное судно, предназначенное для исследования атмосферных процессов, да и оно уже выработало положенный ресурс. Вызывает тревогу и организация мониторинга в арктической зоне, потому что в отличие от США, европейских стран, Японии, Китая, которые получают информацию о климатических и других процессах в Арктике со своих спутников, летающих по высокоэллиптическим орбитам, Россия такими возможностями до последнего времени не обладала. Ситуация несколько улучшилась лишь в 2021 г. — на полярную орбиту запущен первый из гидрометеорологических спутников серии «Арктика-М».

## БЕНДЖАМИН ФРАНКЛИН И ИМПЕРАТОРСКАЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

© 2022 г. И. В. Тункина

*Санкт-Петербургский филиал Архива РАН, Санкт-Петербург, Россия*

*E-mail: tunkina@yandex.ru*

Поступила в редакцию 16.11.2021 г.

После доработки 22.11.2021 г.

Принята к публикации 29.11.2021 г.

Статья посвящена научным связям американского изобретателя, политического и общественного деятеля, одного из отцов-основателей США Бенджамина Франклина (1706–1790) с учёными Петербургской академии наук. Благодаря Б. Франклину директор академии княгиня Екатерина Романовна Дашкова (1744–1810) была избрана членом Американского философского общества в Филадельфии, а американский учёный – иностранным почётным членом Петербургской академии наук.

**Ключевые слова:** Б. Франклин, Американское философское общество в Филадельфии, Петербургская академия наук, Е.Р. Дашкова, научные связи.

DOI: 10.31857/S0869587322040089

Черновая рукопись знаменитого советского популяризатора физики Якова Исидоровича Перельмана (1882–1942) под заглавием “Кто это сделал?” из фондов академического архива в Санкт-Петербурге открывается рядом вопросов:

“Кто впервые открыл, что грозовые тучи наэлектризованы и что молния есть не что иное, как большая электрическая искра?

Кто изобрёл громоотвод?

Кто первый объяснил действие так называемой лейденской банки?

Кто составил первую карту Гольфстрима?

Кто открыл, что масло, вылитое в воду, успокаивает волнение моря?



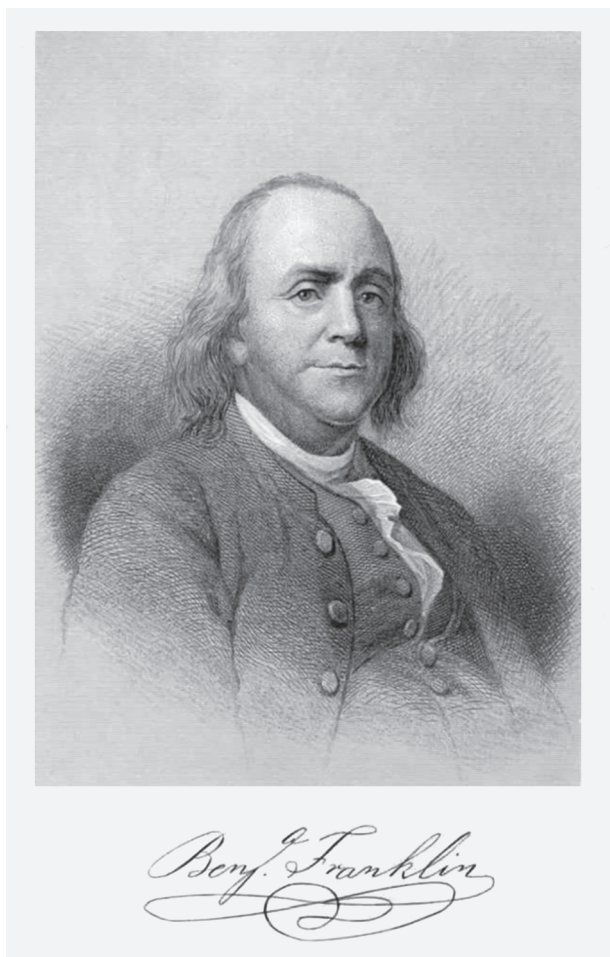
ТУНКИНА Ирина Владимировна – член-корреспондент РАН, директор СПбФ АРАН.

Кто устроил первую общественную библиотеку?

Для многих будет неожиданностью, что столь разнородные заслуги принадлежат одному человеку. Это – великий американец Веньямин Франклин” [1, л. 1].

Деятельность Бенджамина Франклина была необычайно разносторонней. Он известен как выдающийся политический и общественный деятель, писатель, один из отцов-основателей США, составивших Декларацию независимости (1776) и Конституцию (1787), талантливый дипломат, успешно боровшийся за независимость североамериканских колоний, гениальный учёный и изобретатель. При этом он не получил даже среднего образования [2, 3]. Своим именем Франклин ознаменовал целую эпоху в истории учения о природе электричества, хотя занимался наукой не как профессиональный учёный, а просто как одарённый и любознательный самоучка эпохи Просвещения. Его увлечение наукой пришлось на 1740-е годы и впоследствии не ослабевало. Скромный типограф из малоизвестной тогда Филадельфии проводил разносторонние научные опыты с целью внедрения их результатов в практическую жизнь. По словам историка техники профессора Д.И. Каргина (1880–1949), Франклин проявил себя как “одарённый экспериментатор с острой наблюдательностью, глубиной суждения и понимания цели и значения исследуе-





Бенджамин Франклин

мого вопроса” [4, л. 5, 6]. Как экспериментатор-практик он, как правило, не патентовал свои изобретения и делился информацией об открытиях со всеми желающими.

Главная заслуга Франклина в науке — создание собственной унитарной (однокомпонентной) теории электричества, совершившей полный переворот в представлениях об электричестве в эпоху Просвещения. Её суть такова: электричество — это чистая жидкость (материя или огонь); нейтральные тела наэлектризованы нормально, положительно наэлектризованные — с избытком электрической жидкости флюида, отрицательно наэлектризованные — с недостатком той же природы жидкости. Генерирование положительного заряда сопровождается созданием такого же отрицательного заряда. Таким образом, учёный вывел закон о сохранении заряда и теорию об однокомпонентной жидкости электричества. До него считалось, что электричество включает два вида жидкостей — стекловидную и смолистую. Франклин сумел уловить и сохранить электрические заряды в простейшем виде конденсатора — лей-

денской банке — и создал электрическую батарею, изобрёл “пенсильванский камин” (в России — “буржуйка”) и многое другое. Он доказал электрическую природу молнии и создал конструкцию громоотвода, внедрённую в практику.

Эти работы создали 46-летнему американцу известность в Европе и впоследствии облегчили дипломатическую деятельность во Франции. Его идеи о природе электричества обобщены в труде “Опыты и наблюдения над электричеством, сделанные в Филадельфии”, кратко именуемые “Филадельфийские опыты”. Они были изданы в форме писем лондонскому коммерсанту и учёному Питеру Коллинсону (1694—1768) и представлены последним Лондонскому королевскому обществу. Первоначально “Опыты” были опубликованы в 1750 г. на английском языке [5], затем во французском переводе [6]<sup>1</sup>. Открытия Бенджамина Франклина получили в научном мире резонанс<sup>2</sup>, не меньший тому, который впоследствии приобрели труды Майкла Фарадея (1791—1867). В 1753 г. Лондонское королевское общество наградило физика престижной медалью Копли, которая была вручена первому учёному вне Британии, а в 1756 г. присвоило звание своего члена (F.R.S. — Fellow Royal Society). Великий немецкий философ Иммануил Кант (1724—1804) назвал Франклина “новым Прометеем” за то, что он сумел украсть огонь с небес и “приручил” молнию [3, с. 120, 121].

Как известно, в 1743 г. Б. Франклин создал Американское философское общество из кружка молодых интеллектуалов, интересовавшихся натурфилософией. В 1769 г. основатель объединил его с созданным им же Американским обществом под названием Американское философское общество в Филадельфии для содействия развитию полезных знаний, причём до своей смерти оставался первым и бессменным его президентом. С 1771 г. общество стало издавать свои труды, которые по инициативе учёного рассылались по академиям и научным обществам Европы [12, 13].

Императорская Санкт-Петербургская академия наук, основанная в 1724 г. по инициативе Петра Великого, к середине XVIII в. превратилась в одну из виднейших научных корпораций мира. Имя американского физика стало известно в России гораздо раньше первых сообщений в западноевропейской периодической печати о его опытах с электричеством, ещё до получения в северной столице экземпляра “Филадельфийских опытов”. В июне 1752 г. в газете “Санкт-Петер-

<sup>1</sup> При жизни Франклина книга была издана пять раз на английском, трижды на французском, по одному на немецком и итальянском языках. Современный русский перевод появился в 1956 г. [7].

<sup>2</sup> Подробнее о научных занятиях Б. Франклина см. на английском языке [8–10], на русском языке [2, 11].

бургские ведомости”, издававшейся Петербургской АН, появилось сообщение о работах Б. Франклина в области атмосферного электричества, которое было составлено на основе “учёной корреспонденции” академии из Кёльна от 1 июня 1752 г. [11, с. 8, 10]. Новой отраслью физики — разработкой теории электричества — в Санкт-Петербурге занимались академики Г.В. Рихман (1711–1753), М.В. Ломоносов (1711–1765) и Ф. Эпинус (1724–1802), причём первый и последний стали популяризаторами идей Бенджамина Франклина.

Первый русский академик М.В. Ломоносов предложил собственную теорию атмосферного электричества (1753), отвергая существование “электрической материи” Франклина, причём его взгляды предвосхитили развитую в XIX в. теорию поля. Напротив, Г.В. Рихман продолжил опыты заокеанского коллеги и сконструировал прибор для измерения электричества. Он погиб от удара молнии во время опытов с атмосферным электричеством из-за отсутствия заземления [14], о чём через несколько месяцев весть дошла и до Франклина. 5 марта 1754 г. американский учёный опубликовал об этом трагическом событии статью “Извлечение из письма из Москвы, датированного 23 августа”: “Этим роковым случаем подтверждено новое учение о молнии; много жизней будет спасено в дальнейшем практическими уроками, какие можно из него извлечь” [15, р. 154, 155].

Академик Ф. Эпинус также принял унитарную теорию американского физика и пытался исправить её недостатки. Он развил опыты Б. Франклина — построил воздушный плоский конденсатор и доказал, что свойством непроводимости обладает любой диэлектрик. Не употребляя соответствующих терминов, Эпинус разделил все тела в природе на проводники и изоляторы [16; 11, с. 14]. Франклин был знаком с трудами Эпинуса и высоко их ценил.

Величайший математик эпохи Просвещения Леонард Эйлер (1707–1783) от своих корреспондентов, в частности французского астронома, иностранного члена Петербургской АН Ж.Ж.Ф. Лаланда (1732–1807), узнал об опытах по электричеству физиков — аббата Ж.А. Нолле (1700–1770) и академика Петербургской АН П.Л. Леруа (1699–1774) и их отношении к теории Франклина<sup>3</sup>. Занимаясь составлением резюме статей к седьмому тому “Новых комментариев” Петербургской АН, Л. Эйлер в 1761 г. “глубже изучил теорию электричества” Бенджамина Франклина и “раскрыл её настоящий смысл”<sup>4</sup>. Почётный член Петербург-

ской АН, русский посол в Голландии Д.А. Голицын (1734–1803) в 1777 г. также присоединился к выводам Франклина о природе электричества.

Информация о содержании трудов Американского философского общества в Филадельфии печаталась в академических научно-популярных изданиях на русском языке — “Месяцеслове” и “Академических известиях”. Открытия Бенджамина Франклина освещались в “Ежемесячных сочинениях, к пользе и увеселению служащих” (впоследствии “Сочинения и переводы”), “Трудах Вольного экономического общества к поощрению в России земледелия и домостроительства” и в других изданиях, а информация о его пребывании в Лондоне и Париже как дипломата постоянно появлялась в центральных русских газетах — “Санкт-Петербургских ведомостях” и “Московских ведомостях”.

22 августа 1774 г. в протоколе Конференции Петербургской АН отмечено, что конференц-секретарь И.А. Эйлер (сын Л. Эйлера) представил «от имени Философского общества, учреждённого в Филадельфии в Америке, и через посредство знаменитого господина Франклина первый том Записок под заглавием “Transactions of the American Philosophical Society, held at Philadelphia, for promoting Useful knowledge. Volume 1, from Januarii 1<sup>st</sup> 1769, to Januarii 1<sup>st</sup> 1771. Philadelphia 1771.4to”. Труд передан в Библиотеку, и секретарю поручено поблагодарить Философское общество за этот дар» [20, с. 144]. Это первое известное документальное свидетельство научного общения между США и Россией [11, с. 22; 21, с. 234]. Том трудов Американского философского общества из Филадельфии был сначала отправлен Франклину в Лондон, где последний был представителем колоний, откуда 31 июля 1772 г. он послал его в Санкт-Петербург со своим автографом. Эта книга с дарственными надписями, как и издание “Филадельфийских опытов” (1769), до сих пор хранится в Библиотеке РАН<sup>5</sup>.

Б. Франклина интересовали работы членов Петербургской АН не только в области изучения электричества, о чём свидетельствует его письмо от 26 февраля 1763 г. с описанием факта открытия плавления ртути в Петербурге [11, с. 41]. Он инте-

<sup>3</sup> Письмо Ж.Ж.Ф. Лаланда к Л. Эйлеру из Парижа в Берлин от 7 мая 1760 г. [17, л. 145–146 об.; 18, с. 171 № 1376].

<sup>4</sup> Письмо Л. Эйлера к конференц-секретарю Петербургской АН Г.Ф. Миллеру, из Берлина в Петербург, от 5 сентября 1761 г. [19, л. 68; 18, с. 204 № 1662].

<sup>5</sup> См. воспроизведение автографов с дарственной надписью Б. Франклина на шмуцтитule издания “Опытов” [22] “From the Author” и “Трудов Американского философского общества” [23] с записями на вклеенном листе: “The American Philosophical Society held at Philadelphia, humbly desirous to cooperate with the Imperial Society at Petersburg in their laudable Endeavors for the Advancement of useful Knowledge, request that Learned and respectable Body to accept this Volume, as the first Fruits of their Labors in this new World. By Order of the Society William Smith, Robt Stettelt Jones Secretaires”; “London July 31. 1772. Forwarded by the Imperial Society’s Most obedient Humble Servant B. Franklin” в каталоге выставки “Россия—Америка: 300 лет в книгах, картах и документах” [24, с. 81].





Е.Р. Дашкова. Литография А.О. Мошарского с рисунка А.А. Калашникова. СПбФ АРАН. Р. X. Оп. 1—Д. Д. 7. Л. 2.

ресовался известиями об археологических открытиях в древних могильниках скифской эпохи и в письме к члену Лондонского королевского общества П. Коллинсону писал: “Я слышал о сообщении, которое Вы недавно получили из России, где рассказывается об открытии в этой стране древнего могильника. Я желал бы прочесть это сообщение. Тем временем посылаю Вам выписку из Геродота, где говорится о погребениях скифских царей, которая, возможно, прольёт некоторый свет на эту находку” [25, р. 308; 11, с. 41]. Речь идёт об открытии Мельгуновского клада в Литом кургане у крепости Св. Елизаветы, который был раскопан в сентябре 1763 г. Этот раннескифский комплекс был представлен императрице Екатерине II генерал-поручиком А.П. Мельгуновым, помещён в Кунсткамеру Петербургской АН и впервые изучен академиком Г.Ф. Миллером [26, 27].

Б. Франклин намеревался посетить Россию, но императрица Екатерина II, считавшая его “бунтовщиком хуже Пугачёва” [28, с. 199], этого не пожелала. Русский посол во Франции (1773—1785) князь И.С. Барятинский, ответственный за приём в Париже в 1782 г. великого князя Павла Петровича, путешествовавшего по Европе под именем графа Северного, вынужден был дезавуировать приглашение Франклина на официальный приём по случаю приезда наследника русского престола. В 1772 г. учёный был избран иностранным членом Парижской АН как иссле-



Вид на здания Императорской АН — Кунсткамеру и дворец царицы Прасковьи Фёдоровны со стороны Большой Невы. Фарфоровая тарелка с росписью. Вторая половина XVIII в. СПбФ АРАН. Р. XIV. Оп. 1. Д. 12.

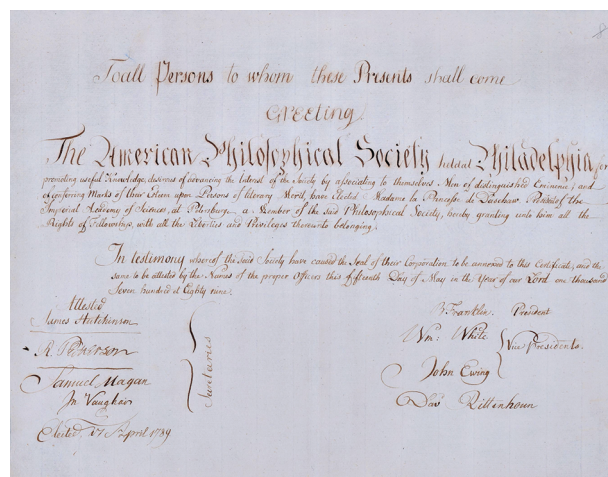
дователь, внёсший вклад в науку и практическое внедрение её результатов. По случаю посещения графом Северным Парижской АН (1782) её непременный секретарь М.Ж.А.Н. Кондорсе выступил с речью, приветствуя правнука Петра Великого — почётного члена академии, посетившего это учёное общество 65 лет назад. В речи Кондорсе прозвучал панегирик Б. Франклину, который должен “разорвать оковы Америки”, а также престарелому и ослепшему, но плодовитому Леонарду Эйлеру, жившему “на топких Невских берегах”. Эти учёные, по его словам, являлись “украшением века” [11, с. 42].

Одним из немногих учреждений Европы, ещё не избравших Франклина своим членом, оставалась Петербургская АН. Директор академии (1783—1796) княгиня Екатерина Романовна Дашкова, вероятно, впервые услышала имя Б. Франклина во время пребывания в Эдинбурге (1776—1779) от его друзей по университету — ректора Уильяма Робертсона и профессора Адама Смита. В Англии она прожила несколько лет во время длительного заграничного путешествия по Европе с целью образования сына. Находясь в Париже, она вращалась в тех же кругах, что и Бенджамин Франклин, и 24 января 1781 г. отправила ему письмо, сохранившееся в архиве Американского философского общества. Скорее всего, они встретились 3 февраля 1781 г. в парижском отеле “De la Chine”, где остановилась княгиня. “Я его считала выдающимся человеком, — вспоминала

Е.Р. Дашкова, — ...он соединял глубокие знания с простотой обращения и непритворною скромностью, благодаря которой он очень снисходительно относился к другим” [29, с. 164].

В апреле 1789 г. по инициативе Франклина Е.Р. Дашкова была избрана почётным членом Американского философского общества и стала первой женщиной, удостоенной такой чести. Однако в Петербургской АН об этом узнали лишь два года спустя, уже после смерти американского учёного, скончавшегося 17 апреля 1790 г. Академик А.Ю. Крафт (1743—1814) 18 августа 1791 г. сообщил Конференции о получении копии присланного Е.Р. Дашковой диплома, подписанного “собственноручно знаменитым доктором Франклином”, переданной в Конференц-архив как “лестный документ, свидетельствующий о высокой оценке литературных заслуг княгини со стороны самых далёких учёных обществ” [30, с. 270]. Текст диплома гласит: “Всем лицам, к кому настоящее послание придёт. С приветом Американское философское общество в Филадельфии для содействия развитию полезных знаний, желая способствовать интересам общества привлечением к нему выдающихся учёных и удостаивая знаком своего почтения лиц, известных научными заслугами, избрав г-жу княгиню Дашкову, президента<sup>6</sup> Императорской Петербургской Академии наук, членом названного Философского общества, тем самым предоставив ей все права членства со всеми преимуществами и привилегиями, с этим связанные. В удостоверение сего названное общество приложило к настоящему свидетельству печать этой корпорации, и сказанное подтверждается, кроме того, именами должностных лиц, пятнадцатого сего мая, года рождества господа нашего тысяча семьсот восемьдесят девятого” [31, л. 5]. Диплом за подписью Франклина до сих пор хранится в академическом архиве в Санкт-Петербурге. В 2006 г. документ экспонировался на выставке “Княгиня и патриот: Екатерина Дашкова, Бенджамин Франклин и век Просвещения” в Американском философском обществе в Филадельфии [32].

В 1788 г. началась русско-шведская война, о которой Б. Франклин писал: “Напавший на Россию шведский король обожжёт себе пальцы” [33, р. 365]. Неприятельский флот перехватывал русские корабли на Балтийском море. На одном из судов, которыми командовал герцог Сёдерманландский, будущий король Швеции Карл XIII, шведы захватили посылку от Б. Франклина и сек-



Диплом об избрании Е.Р. Дашковой членом Американского философского общества с подписью Б. Франклина. Копия на английском языке 15 мая 1789 г. СПбФ АРАН. Ф. 1. Оп. 2—1791. Д. 6. Л. 5.

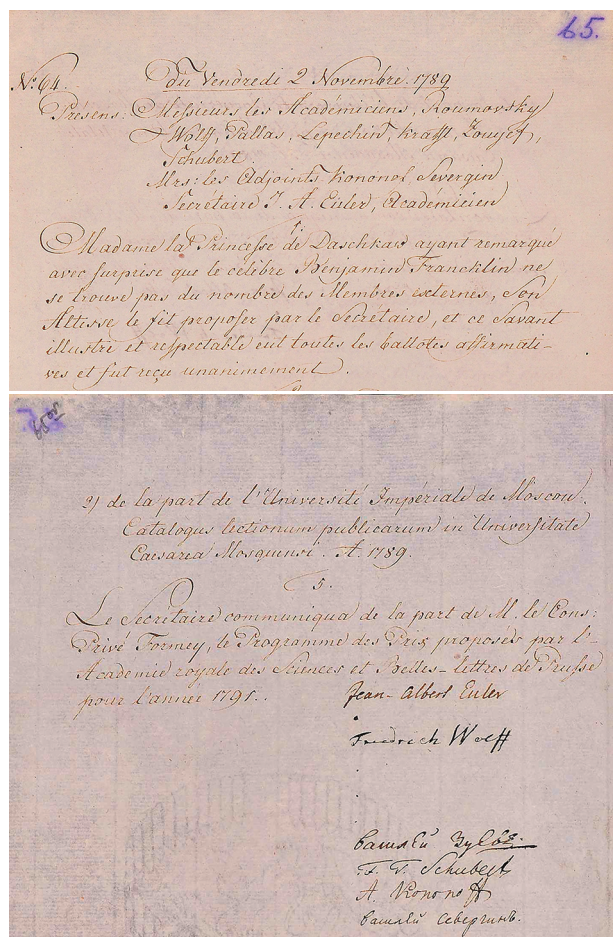
ретаря Американского философского общества, содержавшую его печатные труды и адресованную Е.Р. Дашковой. Герцог Сёдерманландский, давно знакомый с княгиней, через адмирала С.К. Грейга с парламентёром переправил ящик с книгами и пакет в Кронштадт для передачи Екатерине Романовне. Княгиня вынуждена была оправдываться перед императрицей: “Письмо от Франклина и от секретаря Филадельфийского философского общества, я состою его недостойным членом”. Дашкова вспоминала, что Франклин, “движимый чувством уважения и дружбы ко мне... предложил меня в члены почтенного и знаменитого философского общества в Филадельфии, куда я и была принята единогласно; у меня уже был диплом его, и оно пользовалось каждым случаем, чтобы посылать мне издаваемые им произведения. Этот пакет и заключал в себе несколько таких книг и письмо от секретаря общества. Письмо Франклина польстило мне больше послания герцога... Я написала Франклину и секретарю философского общества и искренно поблагодарила их за присланные книги” [29, с. 164]<sup>7</sup>.

В ответ на знаки внимания американских коллег по научному цеху Е.Р. Дашкова на заседании Конференции Петербургской АН 2 ноября 1789 г. предложила избрать Б. Франклина иностранным почётным членом академии, причём “знаменитый и почтенный учёный получил все утвердительные голоса и избран единогласно” [34, л. 65; 30, с. 204]. 4 ноября княгиня написала Франклину письмо с извинениями, что, просматривая

<sup>6</sup> Так в документе. Е.Р. Дашкова с 1783 г. была президентом Российской академии — гуманитарного научного центра, созданного Екатериной II для изучения русского языка и истории России, и одновременно директором (фактически административным руководителем — управляющей делами) при отсутствующем президенте Петербургской АН (1746—1798) графе К.Г. Разумовском (1728—1803).

<sup>7</sup> Благодарственное письмо Е.Р. Дашковой от 20 августа 1791 г. опубликовано [12, р. 256].





Фрагменты протокола заседания Конференции Императорской АН от 2 ноября 1789 г. об избрании Б. Франклина иностранным почётным членом по предложению Е.Р. Дашковой. СПбФ АРАН. Ф. 1. Оп. Д. 40. Л. 65. 65 об.

список членов академии, не нашла в нём его имени. “Я поспешила оказать эту честь нашей Академии, и Вы были приняты в число её членов под единодушные и радостные аплодисменты. Прошу Вас... принять это звание и быть уверенным, что я почитаю это за честь для нашей Академии. Я распоряжусь, чтобы диплом был переслан Вам как можно скорее” [35, р. 152, 153]. В те же дни секретарь Конференции И.А. Эйлер отправил официальное уведомление Б. Франклину об избрании его почётным членом: “Императорская Академия наук просит Вас принять диплом её иностранного члена; хотя она одной из последних преподносит Вам этот публичный знак своего уважения, тем не менее, она вот уже четверть века не уступает всем другим академиям в преклонении перед Вашими выдающимися заслугами. В силу случайных обстоятельств г-жа княгиня Дашкова, наш президент, до сих пор полагала, что уже задолго до её избрания её предшествен-

ники приобщили Вас к нашей корпорации; иначе она сделала бы это в первый же день своего вступления в Академию в уверенности, что не могла бы лучше ознаменовать начало своего управления. Во всяком случае она почитает себя счастливой, что на её долю выпало совершить этот акт публичного почитания, хотя она и выполняет его с опозданием. Счастливыми почитают себя и все наши академики, что могут числить Вас среди своих братьев, и горячо желают иметь это удовольствие ещё много лет” [36, л. 93—93 об.; 37]. Отпуск письма на французском языке хранится в академическом архиве в Санкт-Петербурге. Таким образом, Бенджамин Франклин стал первым американцем, избранным почётным членом Петербургской Академии наук.

Свыше 230 лет, прошедших после смерти Франклина, полностью подтвердили прозрачность слов лорда Чатама, произнесённых в 1775 г. в Палате лордов в защиту выдающегося американца: “Этот человек... делает честь не только английской нации, но и всему человечеству” [38, л. 6].

## ЛИТЕРАТУРА

1. СПбФ АРАН. Ф. 796. Оп. 1. Д. 112.
2. *Радовский М.И.* Вениамин Франклин. М.—Л.: Наука. Ленинградское отделение, 1965.
3. *Айзексон У.* Бенджамин Франклин: Биография / Перевод с англ. В. Кузина, Д. Айше. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013.
4. СПбФ АРАН. Ф. 802. Оп. 1. Д. 221. Л. 5, 6.
5. Experiments and Observations on Electricity, Made at Philadelphia in America, by Mr Benjamin Franklin et communicated in several letters to Mr Collinson, F.R.S. London, 1751.
6. Expériences et observations sur l'Électricité faites à Philadelphie en Amérique par M. Benjamin Franklin et communiqués dans plusieurs Lettres à M. P. Collinson de la Société Royale de Londres. Traduites de l'Anglois. Paris, 1752.
7. *Франклин Б.* Опыты и наблюдения над электричеством / Перевод с англ. В.А. Алексеева; ред. статья и коммент. Б.С. Сотина. М.: Изд-во АН СССР, 1956.
8. *Cohen B.* Franklin and Newton. Philadelphia, 1956.
9. *Cohen B.* Benjamin Franklin's Science. Cambridge, 1990.
10. *Cohen B.* Science and the Founding Fathers. N.Y., 1995.
11. *Радовский М.И.* Вениамин Франклин и его связи с Россией. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1958.
12. *Dvoichenko-Markoff E.* Benjamin Franklin, the American Philosophical Society, and the Russian Academy of Science // Proceedings of the American Philosophical Society. 1947. V. 91. № 3 (August). P. 250—257.
13. *Dvoichenko-Markoff E.* The American Philosophical Society and Early Russian-American relations // Pro

- ceedings of the American Philosophical Society. 1950. V. 94. № 6 (December). P. 549–610.
14. Рихман Г.В. Труды по физике. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1956.
  15. The Papers of Benjamin Franklin. New Haven, London, 1964. V. 5. 1 July 1753 – 31 March 1755 / Ed. by L.W. Labaree.
  16. Эпинус Ф.У.Т. Теория электричества и магнетизма. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1951.
  17. СПбФ АРАН. Ф. 136. Оп. 2. Д. 4.
  18. Леонард Эйлер. Переписка. Аннотированный указатель. Л.: Наука. Ленинградское отделение, 1967.
  19. СПбФ АРАН. Ф. 21. Оп. 3. Д. 321.
  20. Протоколы заседаний Конференции Императорской Академии наук с 1725 по 1803 год. В 4 т. Т. 3. 1771–1785. СПб.: Типография Императорской Академии наук, 1900.
  21. Смагина Г.И. Сподвижница Великой Екатерины (очерки о жизни и деятельности директора Петербургской Академии наук княгини Екатерины Романовны Дашковой). СПб.: Наука, 2006.
  22. Experiments and Observations on Electricity, made at Philadelphia in America, by Benjamin Franklin, L.L.D. and F.R.S. to which are added, Letters and Papers on Philosophical Subjects. The Whole corrected, methodized, improved and now first collected into one Volume, and Illustrated with Copper Plates. London, 1769.
  23. Transactions of the American Philosophical Society, held at Philadelphia, for Promoting Useful Knowledge. V. 1. Philadelphia, 1771.
  24. Россия–Америка: 300 лет в книгах, картах и документах: Каталог выставки / Из фондов БАН, СПФ АРАН, МАЭ РАН. СПб.: Библиотека Академии наук, 2003.
  25. Franklin B. The Complete Works of Benjamin Franklin: Including His Private as Well as His Official and Scientific Correspondence, and Numerous Letters and Documents Now for the First Time Printed, with Many Others Not Included in any Former Collection: Also the Unmutilated and Correct Version of His Autobiography / Ed. by John Bigelow. N.Y.; London, 1889. V. 10. Letters and Miscellaneous Writings 1782–1784.
  26. Тункина И.В. Сокровища Литого кургана и академик Г.Ф. Миллер // Вестник древней истории. 2006. № 3. С. 135–155.
  27. Tunkina I.V. Academician G.F. Miller and the Treasures from Litoi Kurgan // Ancient Civilizations from Scythia to Siberia (Leiden: Brill). 2007. V. 13. № 3–4. P. 193–224.
  28. Дневник А.В. Храповицкого. По подлинной рукописи, с биографической статьёй и объяснительным указанием Николая Барсукова. М., 1901.
  29. Дашкова Е.Р. Записки 1743–1810 / Подготовка текста, статья и коммент. Г.Н. Моисеевой; отв. ред. Ю.В. Стенник. Л.: Наука. Ленинградское отделение, 1985.
  30. Протоколы заседаний Конференции Императорской Академии наук с 1725 по 1803 год. В 4 т. Т. 4. 1786–1803. СПб.: Типография Императорской Академии наук, 1911.
  31. СПбФ АРАН. Ф. 1. Оп. 2–1791. Д. 6.
  32. The Princess and the Patriot: Ekaterina Dashkova, Benjamin Franklin, and the Age of Enlightenment / Ed. Sue Ann Prince. Philadelphia, 2006 (Transactions of the American Philosophical Society, held at Philadelphia for promoting useful knowledge. V. 96. Pt. 1).
  33. Works of Benjamin Franklin etc. / Ed. by J. Sparks. Boston, 1840. V. 10.
  34. СПбФ АРАН. Ф. 1. Оп. 1. Д. 40.
  35. Franklin B. The Works of Benjamin Franklin / Ed. by J. Bigelow. 12 vols. N.Y., London, 1904. V. 12. Letters and Misc. Writings 1788–1790, Supplement, Indexes.
  36. СПбФ АРАН. Ф. 1. Оп. 3. Д. 83.
  37. Радовский М.И. Письмо И. Эйлера Б. Франклину // Вопросы истории естествознания и техники. 1956. Вып. 1. С. 254–246.
  38. СПбФ АРАН. Ф. 802. Оп. 1. Д. 221.

## НАУКОМЕТРИЧЕСКИЙ ПОРТРЕТ УЧЁНОГО КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ ЕГО ДОСТИЖЕНИЙ

© 2022 г. А. В. Гринёв

*Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Петра Великого,  
Санкт-Петербург, Россия*

*E-mail: agrinev1960@mail.ru*

Поступила в редакцию 28.09.2021 г.

После доработки 10.10.2021 г.

Принята к публикации 05.11.2021 г.

В статье критически анализируются существующие инструменты оценки научных достижений учёного, предлагается их кардинальный пересмотр с помощью стандартизированного набора наукометрических показателей, в том числе с использованием новых метрик — квартильного и кантри-индексов, разработанных автором. Это позволит не только нарисовать более объективный наукометрический портрет специалиста, но также поможет заложить основу для развития нового научного направления — наукометрической антропологии.

*Ключевые слова:* наукометрия, наукометрический портрет учёного, квартильный индекс, кантри-индекс, РИНЦ, Web of Science, Scopus, наукометрическая антропология.

DOI: 10.31857/S0869587322020049

Жанр науко- или библиометрического портрета учёного первоначально зародился за рубежом в 1980-х годах и в следующее десятилетие получил достаточно широкое распространение. Особой популярностью он пользуется среди специалистов из Индии, хотя иногда привлекает внимание экспертов из других стран [1–4]. Что касается русскоязычных публикаций по этой теме, то они не слишком многочисленны [см. 5–7 и др.]. Обычно статьи этого жанра посвящены конкретным людям (как правило, крупным деятелям науки), а применяемые в них метрики зачастую довольно произвольны. Так, некоторые авторы ограничиваются преимущественно упоминанием общего числа научных публикаций и анализом

количества ссылок на них в крупнейших международных библиометрических базах данных (ББД) Web of Science (WoS) и Scopus, а также в их отечественном аналоге — Российском индексе научного цитирования (РИНЦ) с дополнительным привлечением показателей всемирного поисковика Google Scholar (GS, или Академия Google) [6, с. 143–146]. Другие специалисты при анализе наукометрического портрета делают главный упор на модели соавторства (ключевые соавторы, страны их аффилиации, принадлежность к университетам, размер авторской группы), наряду с рядом других параметров, таких как количество публикаций, тематика исследований, журналы, в которых были опубликованы статьи и т.д. [8, с. 9–14]. В целом приходится констатировать *отсутствие единого стандарта наукометрических показателей*, а те, что используются, как правило, не позволяют нарисовать полноценный наукометрический портрет учёного.

Здесь невольно возникает вопрос: а для чего он вообще нужен? Может быть, достаточно обойтись данными авторского профиля в ББД WoS, Scopus, РИНЦ и GS? Действительно, в этих базах присутствует ряд наукометрических индикаторов, среди которых важнейшими выступают количество публикаций, сумма цитирований работ автора и его индекс Хирша (*h*-индекс). В качестве



ГРИНЁВ Андрей Вальтерович — доктор исторических наук, профессор кафедры общественных наук СПбПУ.

дополнительной информации в WoS, например, указывается среднее число цитирований на одну статью и цитирований за год, перечень журналов в которых автор опубликовал свои работы и их количество, приводится график публикаций и цитирований по годам и т.д. Аналогичный график предлагает Scopus наряду с перечнем типов публикаций (книги, главы в книгах, журнальные статьи, материалы конференций и т.д.) с представлением их количества и долей каждого типа. Кроме того, авторский профиль в ББД Scopus содержит список журналов с указанием их количества и процентного соотношения к общему числу журналов, в которых были опубликованы статьи автора, разбивку его публикаций по тематике (опять же с указанием их количества и процентного соотношения), классификацию работ учёного по отраслям знания, перечень соавторов и тому подобное. Несколько десятков метрик выкладывает в авторском профиле РИНЦ, включая число ссылок на самую цитируемую публикацию, индекс Хирша без учёта самоцитирования, процентиль по ядру РИНЦ и т.д. Всемирный поисковик Google Scholar ограничивается лишь общим количеством публикаций, цитирований и индексом Хирша (отдельно приводятся эти данные за последние 5 лет), но с дополнительной метрикой в виде i10-индекса, который учитывает число статей автора, получивших не менее 10 ссылок каждая.

\* \* \*

Казалось бы, такого разнообразия показателей и метрик должно с лихвой хватить для наукометрического портрета учёного, особенно если комбинировать материалы разных ББД и GS. Но не будем торопиться. Начнём с анализа самого простого из базовых наукометрических параметров — количества публикаций учёного. Можно уверенно утверждать, что ни одна ББД и даже поисковик GS обычно не охватывает всех публикаций автора, если их много и они вышли в редких изданиях или до наступления эпохи Интернета. Более того, в ББД WoS и Scopus существуют искусственные ограничения учёта количества печатной продукции, так как индексации в этих базах подлежат только научные статьи и рецензии, вышедшие в журналах из тщательно отобранного круга научной периодики, материалы избранных научных конференций, монографии и главы из сборников, увидевших свет в элитных академических изданиях (их список в WoS составляет около 630). У РИНЦ и GS другая проблема: в списки научных работ они нередко зачисляют справочники, энциклопедии, научно-популярные труды, учебную и методическую литературу. Однако все эти печатные материалы в силу ряда причин не могут быть отнесены к подлинно научным произведениям. И хотя в последнее время РИНЦ деклари-

рует отказ от индексации подобных работ, тем не менее на практике продолжает прежнюю политику. Например, опубликованное весной 2021 г. маленькое пособие об основах наукометрии для гуманитариев немедленно попало в мой авторский профиль в РИНЦ. С другой стороны, во всех трёх базах и в GS встречаются случаи, когда в авторском профиле фиксируются работы однофамильцев или наоборот, у одного и того же автора формируется несколько авторских профилей, как у моего знакомого профессора из СПбГУ, у которого в WoS имеется сразу три таких профиля.

Подобные казусы могут приводить к неоправданному завышению или занижению количества публикаций конкретного автора, что приводит к искажению статистики цитирований и в конечном итоге индекса Хирша. Поэтому в наукометрическом портрете учёного количество публикаций должно подсчитываться по четырём рубрикам: 1) общее число публикаций, 2) количество научных публикаций, 3) количество справочных, учебных, методических публикаций, 4) количество научно-популярных (просветительских) публикаций. Приоритетным должен быть второй пункт, а остальные могут быть использованы в качестве дополнительного информационного ресурса.

Следующий ключевой наукометрический показатель — количество цитирований (ссылок на работы автора) — также требует серьёзного критического анализа. Здесь прежде всего необходимо упомянуть давно известный факт *существенного различия потенциала цитируемости* у представителей разных научных дисциплин. Так, наивысшая частота цитирования характерна для учёных-медиков и биологов, заметно меньше она у физиков и химиков и совсем незначительна у историков и математиков. При этом даже в рамках одной крупной научной дисциплины традиции и порядок цитирования могут отличаться применительно к разным направлениям. Скажем, у археологов и этнографов (этнологов, антропологов) цитируемость работ будет заметно выше, чем у историков, которые обычно стараются подкреплять свои рассуждения не цитированием работ коллег, а ссылками на документы. Поскольку от цитирования напрямую зависят индекс Хирша, импакт-фактор журналов, их квартили и другие метрики, *прямое сопоставление наукометрических портретов представителей разных наук вряд ли правомерно.*

Возможно, следует ещё раз подчеркнуть многократно высказывавшуюся мысль о том, что количество цитирований не должно быть объектом наукометрического культа, ныне широко распространённого среди российской министерской и вузовской администрации. Ведь невысокое число цитирований вовсе не означает низкого качества научного произведения. Тут может сказаться от-



расль науки, культура цитирования, тематика работы. Например, трудно ожидать одинаковой интенсивности цитирования от статей, посвящённых, скажем, материальной культуре Средневекового Китая и маленького племени индейцев эяков на Аляске. Совершенно понятно, что количество цитирований первой работы будет в разы, если не на порядки превосходить вторую уже в силу того, что синологов, посвятивших свои труды Средневековому Китаю, гораздо больше и вероятность цитирования с их стороны значительно выше. Другими словами, интенсивность цитирования весьма зависима от численности специалистов и широты исследовательской области. Если в ней работает всего 20 человек, то на одну статью по соответствующей тематике неизбежно будет приходиться гораздо меньше ссылок, чем если бы в данной области трудилось 200 учёных [9, с. 74].

Кроме того, на характер цитирования могут оказывать влияние посторонние факторы: научная мода, личные отношения между учёными, тайные договорённости о взаимном цитировании (цитатная коррупция) и т.д. Помимо этого надо помнить, что учёт и калькуляция цитирований в библиометрических базах бывают порой совершенно непредсказуемыми и итоговые цифры могут иногда произвольно меняться. Так, в августе 2021 г. в моём авторском профиле на портале Publons (WoS) числилось 84 ссылки, а в сентябре их количество внезапно уменьшилось до 77, о чём свидетельствуют сохранённые скриншоты. Об арифметической акробатике учёта ссылок РИНЦ мне уже доводилось писать в недавней сатирической статье [10]. Имеет значение и уже упомянутый факт индексирования в РИНЦ ненаучной литературы (справочники, методички, библиографические перечни и т.д.).

Для отечественных учёных проблема цитирования осложняется тем, что наиболее авторитетные зарубежные ББД учитывают прежде всего англоязычную научную литературу, выходящую в таких известных издательствах, как Brill, Oxford University Press, SAGE Publications Ltd., Springer, Taylor & Francis Group и др. Естественно, что множество публикаций (включая статьи в журналах и монографии) российских авторов не попадают под индексацию в ББД WoS и Scopus, хотя сейчас ситуация гораздо лучше, чем ещё 10 лет назад, поскольку в настоящий момент немало русскоязычных журналов зарегистрировано в обеих базах и опубликованные в них статьи и цитирования автоматически включаются в авторский профиль. В частности, ряд российских журналов зачислен в созданный в 2015 г. ББД WoS новый блок индексации Emerging Sources Citation Index (ESCI), где регистрируется научная периодика в ожидании перевода в полноценные рубрики ББД Web of Science Core Collection (WoSCC). В том же году по согласованию с WoS в составе

этой базы в качестве самостоятельной платформы был сформирован Russian Science Citation Index (RSCI), объединивший ведущие отечественные журналы разной направленности, образовав основу так называемого Ядра РИНЦ (совокупность лучших российских журналов, включённых хотя бы в одну из трёх баз научного цитирования). По состоянию на май 2021 г. RSCI охватывал 887 журналов преимущественно естественно-научной специализации.

С сожалением приходится констатировать, что далеко не все научные труды российских авторов отличаются высоким качеством и научной новизной, особенно в гуманитарных дисциплинах [11, с. 903; 12, с. 343–345]. В результате они получают слабую цитируемость, на что уже давно обращали внимание отечественные специалисты [13, 14], а в начале сентября 2021 г. об этом прямым текстом заявил Ф. Бейти, шеф-редактор британского журнала Times Higher Education (World University Rankings, THE), касаясь места российских университетов в международном рейтинге вузов. Решение этой проблемы Бейти видит в кооперации российских учёных с иностранными коллегами [15]. По этому показателю Россия действительно пока отстаёт от других стран [16, с. 20].

Здесь мы подходим к неразрешимой пока *проблеме соавторства*, когда в авторских профилях во всех ББД наряду с индивидуальными работами учёного индексируются труды иной раз с десятками, а то и сотнями соавторов (о проблеме соавторства см. [17, 18]). К чему это приводит, показывает большой обзорный очерк признанных специалистов по наукометрии Дж. Мингерса и Л. Лейдесдорфа. В нём упоминается статья по физике, опубликованная после исследований на Большом адронном коллайдере и открытия бозона Хиггса, авторами которой числятся 2932 человека, причём за три года эта статья собрала свыше 4000 цитирований, и эту цифру получили в свои авторские профили почти 3000 «соавторов» [19, с. 7]. Совершенно очевидно, что данную статью не мог написать такой огромный авторский коллектив. Весьма сомнительно, что этим занимались даже 30 специалистов, так как подобные работы обычно пишут всего 1–3 автора, а остальные присоединяются в качестве соавторов в силу различных причин и обстоятельств. Но цитирование в свои авторские профили получают все, что приводит к искажению наукометрической статистики, причём зачастую довольно существенному, особенно у представителей медицинских, естественно-научных и технических дисциплин, которые проявляют повышенную склонность к коллективным трудам в силу специфики профессии. Иногда дело доходит до анекдотических ситуаций: например, один американский профессор опубликовал в медицинском журнале десятистраничную ста-

тью с 976 соавторами, то есть на одну страницу текста приходилось около 100 соавторов. Аналогичным рекордом отличились физики Института физики высоких энергий им. А.А. Логунова из Протвино, опубликовав 80 работ, каждую из которых якобы написало более 3000 “соавторов” [20, с. 265, 266].

Как показало новейшее статистическое исследование боснийских специалистов, публикации с более чем 30 авторами приносят больше цитирований, чем публикации с меньшим количеством соавторов, а неоправданное плодovitое соавторство выступает как один из методов завышения наукометрических показателей, которые не отражают истинное качество результатов исследований отдельного человека [21, с. 248, 254]. Оно и понятно: даже если половина из 30 соавторов сошлётся на свою работу, у всех появится 15 ссылок, так как все базы учитывают самоцитирование в авторских профилях.

Здесь мне могут возразить: хорошо, когда речь идёт о 30 соавторах, наверное, подлинное авторство установить весьма затруднительно, даже несмотря на разработанные специальные формулы и методики исчисления долевого соавторства [22, 23]. Но как быть, когда авторов, допустим, всего двое? Какая тут может быть проблема? Однако проблема остаётся. Дело в том, что в реальной жизни далеко не всегда каждый из двух соавторов создаёт ровно 50% научной работы. Нередко один из них пишет большую часть (до 80–90% и даже более), а второй пропорционально меньшую. В таком случае авторский паритет явно нарушен. Особенно часто подобное происходит, когда статью пишет молодой учёный, а его научный руководитель или начальник в лучшем случае лишь редактирует текст, однако ставит свою фамилию в качестве соавтора, причём зачастую на первое место вопреки алфавиту и действительному вкладу. Как отмечается в вышедшей в “Вестнике РАН” статье, включение фамилии руководителей в число соавторов при отсутствии фактического вклада в научное исследование является широко распространённой практикой в России [24, с. 276]. Более того, подобная практика позволяет держаться на плаву по количеству публикаций немалому числу чиновников от науки. Поэтому в наукометрическом портрете учёного следует отдавать абсолютный приоритет индивидуальным работам. В конце концов все соискатели учёных степеней защищают кандидатские и докторские диссертации сами, а не в составе научного коллектива.

В качестве дополнительного аргумента в пользу учёта в первую очередь индивидуальных научных произведений можно указать на случаи, противоречащие научной этике, особенно часто встречающиеся именно в коллективных работах.

Проиллюстрирую этот тезис простым примером. Имеется в виду достаточно широко применяемый в России (и не только) способ повышения индексов цитирования и Хирша, который состоит в следующем: допустим, 10 авторов, предварительно договорившись, пишут каждый по одной статье и делают своими соавторами остальных (то есть у каждой статьи 10 “авторов”). Затем статьи публикуются, и каждый участник сделки, хотя написал только одну работу, становится автором 10. На следующий год этот “колхоз” от науки повторяет процедуру, но уже делая ссылки на изданные ранее статьи “соавторов” и свою собственную. В результате всего за два года, написав всего две статьи, можно поднять свой индекс Хирша до 10 даже в ББД Scopus или WoS, не говоря уже о РИНЦ. Вместе с тем вычислить подобные “колхозы” бывает чрезвычайно трудно, так как они периодически меняют свой состав, набирают в свои ряды специалистов из разных отраслей науки (например юристов, экономистов, социологов, географов) и, соответственно, публикуются в разнопрофильных журналах и материалах конференций, а порой договариваются с такими же “колхозами” за рубежом о соавторстве и взаимоцитировании [25, с. 41, 42]. И никакой индекс Херфиндаля (Herfindahl-Hirschman index), используемый в библиометрии для выявления подобных договорных публикаций [26, с. 150, 151], не справится со своей задачей. Приведённый пример, полагаю, служит хорошей иллюстрацией того, почему в наукометрическом портрете учёного должны учитываться в первую очередь работы, написанные лично им самим. Поскольку иначе о его реальном вкладе в науку можно забыть.

В настоящее время главным каналом коллективных манипуляций по искусственному увеличению количества цитирований стали материалы многочисленных конференций, индексируемых всеми основными библиометрическими базами. Неслучайно специалист по наукометрии И.А. Стерлигов из НИУ ВШЭ отмечает взрывной рост участия российских авторов в публикации материалов конференций, регистрируемых в зарубежных ББД, за последние годы, причём по этому показателю страна занимает одну из лидирующих позиций в мире [27]. Боюсь, что если ББД WoS и Scopus решат внезапно отказаться от индексации материалов конференций и сосредоточиться исключительно на статьях и монографиях, международный публикационный рейтинг России может серьёзно снизиться. Ведь наше нынешнее 12-е место в рейтинге портала Scimago Journal & Country Rank (SJR) держится исключительно на количестве опубликованных работ, включая, естественно, материалы конференций, в то время как по другим показателям (число цитирований, индекс Хирша и др.) страна основательно, в иных

случаях в 2–3 раза отстаёт от ближайших конкурентов.

\*\*\*

Что касается последнего базового наукометрического показателя — индекса Хирша — то он неоднократно выступал объектом критики за явные недостатки и возможность искусственного увеличения [28, с. 135, 136; 29, с. 259, 260]. Однако многочисленные попытки его оптимизации пока не привели к его замене на иные индексы, предлагаемые зарубежными и отечественными специалистами [20, 30, 31]. Здесь стоит ещё раз подчеркнуть, что подлинный индекс Хирша конкретного учёного будет известен только в результате учёта цитирований его индивидуальных, а не групповых работ. Сказанное, впрочем, не означает, что на коллективных публикациях следует поставить крест. Вовсе нет. Их, безусловно, следует учитывать, как и их цитирование, и рассчитывать соответствующий индекс Хирша, но только в виде отдельного списка. Соотношение индексов Хирша по двум спискам (индивидуальных и групповых работ) даст наглядное представление о действительной популярности и научной значимости работ автора.

Подводя промежуточный итог, можно сделать вывод о том, что *проблема объективной оценки труда учёного с помощью основных наукометрических показателей пока остаётся открытой*. Парадокс заключается в том, что наукометрия, изучающая науку с использованием математического инструментария и анализа, сама не может претендовать на звание полноценной науки. Подлинная наука, к какой бы отрасли знаний она ни относилась, обязана быть объективной, то есть выдавать максимально полную и проверенную информацию об объекте своего изучения. Наукометрия этим похвастаться не может, поскольку используемый ею исходный цифровой материал редко бывает полным и точным. А потому какие бы изощрённые математические формулы и интегральные уравнения ни применялись для наукометрических расчётов, их итог будет неточным и неверным, способным нарисовать лишь очень грубый и обычно недостоверный портрет учёного. Зачастую имеет место воплощение классического правила информатики, известного по английской аббревиатуре GIGO (*garbage in, garbage out* — “мусор на входе — мусор на выходе”), означающего, что при неверных входящих данных будут получены неверные результаты, даже если сам по себе алгоритм правильный. Из этого не следует, однако, что нужно отказаться от использования наукометрии. Это в принципе невозможно, поскольку наука и практика требуют знания хотя бы самых примитивных цифровых результатов научной деятельности: сколько тот или иной учёный опубликовал монографий, сколько написал статей, докладов и т.д.

Непрекращающаяся критика наукометрии, её данных и инструментария привела к рождению так называемого “Лейденского манифеста” (Leiden Manifesto, 2015), написанного авторитетными специалистами, в котором указывается, что количественная оценка научного труда должна лишь дополнять качественную, экспертную оценку, что нужно расширять круг наукометрических индикаторов, которые необходимо периодически подвергать анализу и пересмотру [32, с. 431]. С этим нельзя не согласиться, и чтобы нарисовать более или менее объективный наукометрический портрет учёного, необходимо использовать помимо трёх базовых ещё немало иных показателей и метрик, в том числе новых.

Но сначала следует определиться с наукометрическими базами как источниками исходного цифрового материала. Совершенно очевидно, что применительно к отечественным учёным сведения зарубежных ББД WoS и Scopus имеют ограниченную информативность в силу изложенных выше причин, хотя по некоторым позициям, например, при вычислении квартильного индекса, они незаменимы. Что касается всемирного поисковика GS, то его показатели можно использовать при оценке цитирования, но с определёнными оговорками и осторожностью, поскольку из-за автоматической обработки библиографических данных в нём встречаются ошибки в идентификации публикаций и цитат, дублирование последних, в нём отсутствует жёсткий контроль отбора документальных источников, следствием чего нередко оказывается невысокое качество ссылок [33]. Тем не менее некоторые специалисты предлагают использовать именно платформу Google Scholar в качестве базы для анализа наукометрического портрета учёного [34, с. 72–76]. Конечно, в отличие от WoS и Scopus в GS нет искусственных ограничений на индексацию научных трудов, и они попадают в авторский профиль быстрее, чем в любую ББД, причём каждый учёный при необходимости может изменить статус своей работы или добавить в свой профиль в Google Scholar неучтённую. Наконец, GS порой регистрирует ссылки даже на экзотических языках, а не только преимущественно на английском. И всё же всемирный поисковик имеет пока немало недостатков и обладает слишком узким набором метрик для формирования полноценного наукометрического портрета учёного.

Исходя из сказанного, единственной относительно приемлемой библиометрической базой для российских авторов остаётся отечественный РИНЦ, тем более что ряд исследователей полагает, что эта база данных выдаёт объективные сведения, и опираться в наукометрических вычислениях следует на них [35, с. 158; 36, с. 188, 189].

К сожалению, не могу разделить их оптимизма, поскольку мне достаточно просто открыть свой авторский профиль в РИНЦ и обнаружить там немало удивительных цифр. Так, по состоянию на сентябрь 2021 г. там указаны всего три рецензии, тогда как на самом деле их 19; статья, опубликованная в американском журнале *Arctic Anthropology* в 1993 г., насчитывает 10 цитирований в ББД WoS и 9 в Scopus, а в РИНЦ — только два; у другой статьи, изданной в 1994 г. в журнале “Вопросы истории”, в РИНЦ числится всего 8 ссылок (9 — если открыть перечень ссылающихся работ), а по моим данным их минимум 26, причём без учёта самоцитирования; согласно РИНЦ у меня 30(!) соавторов, а реально их не более 13 и т.д. и т.п. Как сообщают специалисты по библиометрии, в РИНЦ иногда обнаруживаются публикации, появившиеся ещё до рождения их автора [37, с. 6].

Стоит ли после этого полностью доверять РИНЦ и его наукометрическим данным для формирования научного портрета учёного? Ответ, по-моему, достаточно очевиден. Более того, мои попытки подкорректировать данные авторского профиля с помощью посылаемых в РИНЦ материалов обычно успеха не имели. Сотрудники сей коммерческой организации, заинтересованной, естественно, в прибыли, неизменно и вежливо рекомендовали сделать это через свой вуз, купивший годовой абонемент.

Безусловно, РИНЦ очень полезен как справочная библиографическая база, но как источник наукометрических показателей он более чем сомнителен. Ещё несколько лет назад некоторые специалисты приходили к выводу о сознательной фальсификации наукометрических данных в крупнейшей библиографической базе России [38]. Эта проблема может быть решена только путём перевода РИНЦ под полный государственный контроль, обеспечения его достойного финансирования, установления чётких критериев отбора научных работ для индексации, предоставления возможности авторам самостоятельно размещать новые труды после соответствующей проверки, а также выведения в отдельные списки справочных, учебно-методических и научно-популярных работ и их цитирования. Но это пока лишь благие пожелания, и приходится использовать данные РИНЦ в том виде, в каком они имеются, разбавляя их показателями из других ББД и дополнительными метриками.

Но вернёмся к параметрам наукометрического портрета и начнём с его основ, прежде всего с количества публикаций автора. Воспользуясь собственным цифровым материалом, актуальным на конец сентября 2021 г., чтобы продемонстрировать существенные расхождения между авторскими данными и данными основных ББД и GS:

- общее количество публикаций всех типов — 292, из них 276 научных произведений (данные автора);
- общее количество публикаций автора всех типов по данным РИНЦ — 195, число публикаций, входящих в ядро РИНЦ — 71;
- учётных научных публикаций в ББД Web of Science — 49;
- учётных научных публикаций в ББД Scopus — 44;
- учётных публикаций всех типов в авторском профиле Google Scholar — 233.

Дальнейшие манипуляции с этими цифрами можно проводить, распределив все публикации на два типа по каждому пункту — индивидуальные авторские работы и работы в соавторстве — и затем дать соотношение их долей (в процентах). Отдельным списком следует учитывать количество опубликованных монографий, научных статей, рецензий и других видов печатной продукции как в целом, так и с разбивкой на индивидуальные и коллективные произведения. Используя данные РИНЦ и GS (в ББД WoS и Scopus такая информация отсутствует), можно дополнить наукометрический портрет отдельным перечнем научно-популярных, методических и справочных изданий, опять же с разграничением на индивидуальные и выполненные в соавторстве работы.

Поскольку монографии, а особенно научные статьи, выступают важнейшими научными публикациями, уместно добавить в наукометрический профиль учёного несколько показателей, связанных с ними. Монографии (если таковые имеются) целесообразно подразделять на авторские и коллективные, вышедшие в России и за рубежом с добавлением весовых коэффициентов, связанных с престижностью издательства и печатным объёмом. В своё время петербургский экономист И.Д. Котляров предложил следующую простую формулу расчёта показателя вклада монографии:

$$\text{ПВМ} = M \times V,$$

где  $M$  — множитель, учитывающий качество монографии (принимает более высокие значения для монографий, изданных за рубежом, и для монографий, поддержанных некоторыми грантами), а  $V$  — объём монографии в авторских листах [39, с. 42].

Аналогичным образом научные статьи следует разделить на созданные в соавторстве и индивидуально, а также изданные в России и за рубежом (отдельно с указанием проиндексированных в ББД WoS и Scopus) в процентном отношении, что даст наглядную картину международной популярности трудов учёного и его личного вклада в науку. Добавим сюда новый “квартильный ин-

декс” (quartile index, КВИ), разработанный мною для анализа условного качества статей в зарубежных ББД, так как РИНЦ не ранжирует научную периодику по квартилям. При этом надо помнить, что отсутствие у журнала квартиля далеко не всегда означает, что он низкого качества [40, с. 16, 24]. Недавняя оценка журналов экономического профиля, попавших в каталог RSCI, говорит о том, что часть из них не соответствует ряду базовых требований этого индекса, в то же время некоторые высокорейтинговые журналы оказались вне этого списка [41, с. 378, 379].

\*\*\*

Для расчёта КВИ лучше всего подходят квартильные метрики общедоступного портала SJR (SCImago Journal Rank), ассоциированного с ББД Scopus, поскольку в базе WoS журналы гуманитарной направленности не ранжируются по квартилям, а равным образом и числящиеся на платформах ESCI и RSCI.

В самом элементарном виде формула КВИ выглядит следующим образом:

$$Q_k = (Q_1 \times n + Q_2 \times n + Q_3 \times n + Q_4 \times n) / N,$$

где  $Q_k$  — квартильный индекс;  $Q_1$ – $Q_4$  — квартили с весом 4–1 балла;  $n$  — число статей соответствующего квартиля;  $N$  — общее число статей за определённый период.

Верхняя граница индекса — 4, нижняя — 1; диапазон между ними — усреднённый показатель престижности международной научной периодики, в которой были опубликованы статьи автора. Чем ближе цифра к 4, тем лучше. Наоборот, диапазон от 1 до 2 КВИ свидетельствует о публикациях в низкорейтинговых журналах нижних квартилей; медиана составляет 2.5. Целесообразно рассчитывать квартильный индекс за 5, 10 и более лет в отношении индивидуальных авторских работ. В отличие от индекса Хирша, квартильным индексом невозможно манипулировать, и он не изменяется после завершения публикационной активности автора. Недостаток данного индекса — учёт ограниченного числа журнальных статей и альманахов (книжных серий), обладающих квартилями в зарубежных ББД. Кроме того, практическое применение КВИ показало, что он, как любой статистический показатель, будет хорошо работать только при достаточно большой выборке и его следует использовать, когда в авторском профиле учёного в ББД WoS или Scopus наберётся не менее 10 журнальных статей [42]. Некоторые специалисты уже предлагают использовать квартильный индекс всем ведущим библиометрическим базам, а Минобрнауки РФ и РАН — внедрить его в практику мониторинга публикационной активности и оценки её качества [43, с. 3].

Определённую информацию о научных интересах автора может дать метрика распределения публикаций по журналам для всех трёх ББД (WoS, Scopus, РИНЦ). Наверное, было бы полезно ввести параллельно ещё один показатель — количество публикаций автора в “хищных” и “мусорных” журналах, которые издаются за деньги без должного рецензирования (подобная периодика особенно распространена в ряде стран Азии, Африки и Латинской Америки). Вполне допускаю, что введение подобного показателя вряд ли приведёт в восторг некоторых отечественных авторов.

При составлении наукометрического портрета учёного необходимо также указать количество его публикаций за рубежом и в России с учётом процентной пропорции. В качестве дополнительного индикатора может использоваться страновой, или кантри, индекс (country index, КаИ) в нескольких вариантах. Самый простой из них — КаИ-1, представляет собой сумму стран мира, в которых были опубликованы работы учёного. Например, если они вышли в России, Белоруссии, Казахстане, Узбекистане и Китае, то  $\text{КаИ-1} = 5$ . С формальной точки зрения, чем больше этот индекс, тем лучше. Однако научный вес стран далеко не одинаков. Одно дело опубликовать статью в Великобритании и другое дело — в Зимбабве. Учитывая это обстоятельство могу предложить ещё три разновидности кантри-индекса. Более сложный КаИ-2 отчасти напоминает формулу квартильного индекса, только вместо квартилей журналов все страны ранжируются по категориям в соответствии с рейтингом SJR для 240 государств с присвоением балла от наивысшего к наименьшему:

- 1 категория — первые 20 стран рейтинга (4 балла);
- 2 категория — страны с 21 по 50 (3 балла);
- 3 категория — страны с 51 по 100 (2 балла);
- 4 категория — страны с 101 по 240 (1 балл).

Приведу пример расчёта КаИ-2. Допустим, автор опубликовал статьи в России (4), США (4), Китае (4), Нидерландах (4), Финляндии (3), Украине (3) и Молдавии (2), что в сумме даст 24 балла.

Более сложный вариант кантри-индекса — КаИ-3; в нём не просто суммируются баллы стран по соответствующим категориям, а учитывается количество опубликованных в них статей, умноженное на категорию конкретной страны. Если воспользоваться приведённым выше примером и предположить, что автор опубликовал в России 28 статей в журналах RSCI, 2 статьи в США, по одной статье в Китае и Нидерландах, две в Финляндии, четыре на Украине и одну в Молдавии, то итоговый КаИ-3 будет равен 148 баллам.

Наконец, ещё один вариант кантри-индекса — КаИ-4: каждой стране присваивается “обратный” коэффициент, то есть если статья вышла в

США, которые занимают 1 место по индексу SJR, то ей присваивается высший коэффициент 240, а если в России (12 место), то 228 ( $240 - 12 = 228$ ) и т.д. Например, если у учёного вышли статьи в США, Великобритании, Германии, России, Эстонии и Казахстане, то его суммарный КаИ-4 будет:  $240 + 237 + 236 + 228 + 176 + 167 = 1284$ .

Конечно, кантри-индексы не идеальны, тем более если учесть, что главным критерием ранжирования стран на портале Scimago Journal & Country Rank выступает просто количество публикаций, а не их качество (цитирование, *h*-индекс). Естественно, что более крупные страны с большим населением в этом случае получают определённое преимущество, хотя и не критичное. В наукометрическом портрете учёного, видимо, целесообразно использовать не один, а как минимум два КаИ, скажем, КаИ-1 и КаИ-3. Если работы учёного выходили не только в России, то кантри-индекс можно дополнить языковым индексом, подсчитав, сколько его статей и монографий вышло на иностранных (с указанием на каких именно) языках в процентном соотношении с произведениями на русском языке.

Далее наукометрический портрет учёного следует дополнить иными метриками, ведь *помимо количества работ (разных категорий), надо учитывать широту их тематики по отраслям науки и объём*. Широта тематики говорит о том, что перед нами не узкий специалист в строго определённой области, а учёный с разносторонними научными интересами (например, один из ведущих специалистов по наукометрии в нашей стране профессор О.В. Михайлов одновременно является известным учёным-химиком). Показатель тематического диапазона может быть выражен с помощью цифр и процентов, а также наглядных средств (графиков, схем, диаграмм). При этом учитываться должны в первую очередь индивидуальные работы автора. Например, конкретный учёный опубликовал статьи по различным отраслям физики, а также по математике и физической химии в соотношении 80%, 4% и 16%. В таком случае общий тематический коэффициент равен 3; его можно увеличить, дифференцировав разделы физики с указанием долей. Естественно, чем выше этот коэффициент, тем разностороннее учёный. В то же время применение тематического коэффициента для анализа коллективных трудов позволяет выявить фиктивный характер соавторства ряда работ, если подобное имеет место.

Печатный объём — ещё один показатель, пусть и косвенный, научной плодovitости автора. Этот индикатор пока не фигурирует в ведущих библиометрических базах, хотя он явно необходим. В России объём публикаций обычно высчитывается в так называемых авторских листах (а.л.), равных 40 000 знаков с пробелами; за рубежом объём рукописи измеряется числом слов (научные жур-

налы как правило указывают лимиты статей от 7000 до 12 000 слов, а в России — от 0.5 до 1.5 а.л.). Зная объём своих индивидуальных и коллективных публикаций, любой отечественный автор может подсчитать сумму объёма своих работ в печатных листах (отдельно для монографий и научных статей). Особенно значим показатель объёма для гуманитарных дисциплин, где размер текста имеет значение с точки зрения более полного раскрытия темы.

Перейдём к учёту цитирований опубликованных произведений автора в его наукометрическом портрете. Замечу, что существенным минусом этой методики во всех ББД является однократный учёт ссылки на работу другого учёного, что резко снижает объективность наукометрической оценки работы. Ведь одно дело, если на статью была сделана всего одна ссылка, и совсем другое, если таковых было, допустим, десять. Хотя, с другой стороны, при многократном учёте ссылок на одно и то же произведение есть опасность усиления договорного (комплиментарного) цитирования.

За основу цитатных метрик можно взять те, что использует РИНЦ, предварительно уточнив, что эти метрики должны применяться в отношении индивидуальных и коллективных работ каждый раз в виде отдельных показателей по всем трём основным ББД (WoS, Scopus, РИНЦ). Исходя из сказанного, в наукометрическом портрете учёного должны быть зафиксированы следующие сведения:

- общее число ссылок (цитирований);
- среднее число ссылок на одну публикацию;
- число публикаций автора, процитированных хотя бы один раз;
- соотношение цитируемых и нецитируемых публикаций (в процентах);
- число ссылок на самую цитируемую публикацию;
- число самоцитирований с указанием процента от общего числа цитирований;
- число ссылок соавторов;
- распределение цитирований по годам;
- число ссылок по отраслям науки;
- число публикаций, процитировавших работы автора;
- распределение цитирований по журналам с указанием их импакт-фактора;
- распределение цитирований по тематике цитируемых публикаций.

Завершить наукометрический портрет учёного должны показатели индекса Хирша с учётом и без учёта самоцитирования по всем трём ББД и GS по двум спискам — индивидуальных и коллективных работ (с дополнительной метрикой — *h*-индекс по ядру РИНЦ). Не лишним будет использование также *i10-index*, который широко применяется Google Scholar. Напоследок полезно будет



задействовать введенный РИНЦ в феврале 2021 г. новый наукометрический критерий эффективности работы учёного — перцентиль (или проценты) его трудов по ядру РИНЦ. Здесь, возможно, следует пояснить, что такое перцентиль/процентиль в данном варианте. Для расчёта этого показателя все авторы отдельного научного направления делятся на 100 равных групп и сортируются в порядке убывания числа цитирований за последние пять лет в журналах из ядра РИНЦ. Так, первый перцентиль соответствует одному проценту российских авторов с самыми высокими показателями цитируемости. Таким образом, в отличие от других наукометрических параметров, у которых чем больше величина (цифра), тем лучше, с перцентилем происходит всё наоборот: его увеличение означает, что работы автора стали меньше цитироваться за последние пять лет. Вместе с тем нелишне отметить, что перцентильная метрика РИНЦ неидеальна по причине отсутствия дифференциации на индивидуальные и коллективные работы и учёта ссылок из ненаучной литературы. Для контраста можно использовать процентильную метрику цитируемости публикаций автора в БД Web of Science.

Наконец, для полноты наукометрического портрета учёного можно привлечь также данные альтметрики и социальных сетей типа Academia.edu, где содержится, например, информация о запросах и просмотрах произведений автора, поступивших из разных стран, с учётом городов и университетов. В последнем случае перед нами фактически один из вариантов кантри-индекса (условно обозначим его как КаИ-5). Естественно, чем больше запросов приходит из самых разных стран, тем выше сетевой кантри-индекс. Соответственно, если запросы на знакомство с работой автора пришли из 20 стран, то его КаИ-5 = 20, а если из 150, то КаИ-5 = 150. По количеству запросов можно проследить также, в каких странах работы автора пользуются большей популярностью, а в каких — меньшей. Конечно же, этот показатель в значительной мере зависит от того научного направления, в котором автор реализует свой творческий потенциал. Поскольку моя главная научная специализация — американистика, то неудивительно, что в Academia.edu число запросов на мои работы из США в 3 раза превышает число запросов из России.

Данные альтметрики, например, на портале ResearchGate (читательский интерес, количество цитирований, рекомендации, чтение полных текстов автора, выложенных на портале, перцентиль), довольно динамичны, некоторые из них обновляются раз в несколько дней, а то и ежедневно, потому использовать их в наукометрическом портрете учёного затруднительно. Более того, специалисты по библиометрии рекомендуют с осторожностью относиться к данным альтметри-

ки из-за возможности легко манипулировать данными и некоторых других недостатков [44, с. 121, 122]. Тем не менее наукометрический портрет учёного действительно дополнить ещё одним показателем. Речь идёт о платном скачивании статьи (как правило в формате PDF). Последнее можно, пожалуй, приравнять к цитированию, так как далеко не каждый исследователь готов расстаться с суммой, иногда равной стоимости небольшой монографии, за бесполезную информацию (скачивание статьи в журналах издательства Springer составляет обычно 34.95 евро). Кроме того, в качестве своеобразной разновидности ссылок могут фигурировать также упоминания в “Википедии”.

\*\*\*

Таким образом, *относительно полный и объективный наукометрический портрет учёного должен включать в себя несколько десятков разнообразных показателей*, которые отражают реальный научный потенциал и достижения автора. Конечно, возможно добавление ещё нескольких метрик, например, указание года, когда было опубликовано максимальное количество работ и их число, или более детальные данные в виде таблицы, характеризующие продуктивность автора по годам с учётом его трудов с разным числом коллег и соответствующим коэффициентом соавторства, а также распределение публикаций по декадам [45, с. 17; 46, с. 73; 47, с. 5, 6]. Зарубежные авторы нередко включают в наукометрический портрет выдающегося учёного хронологический список его академических наград [45, с. 16; 47, с. 4]. Какие показатели, индексы и метрики использовать для наукометрического портрета учёного, зависит в конечном счёте от конкретных целей его создания. Совершенно очевидно, что чем больше их будет (в разумных пределах), тем полнее будет картина научной результативности конкретного учёного. Фигурально выражаясь, лишних метрик и показателей не бывает, все они несут ту или иную полезную информацию, но только при условии, что исходные цифры адекватны и проверены.

Представленный в данной статье стандарт наукометрического портрета может служить для практических целей, в частности при ранжировании представителей профессорско-преподавательского состава, назначениях на должность, проведении различных конкурсов, выделении грантов и тому подобное. Это особенно актуально, учитывая нередкие нарушения элементарной социальной справедливости, например, при присвоении почётных или академических званий, которые получают люди, мягко говоря, далеко не всегда имеющие адекватные заслуги, что позволяет выявить детальный наукометрический портрет [42, с. 42, 44]. Поэтому я не тешу себя иллюзи-

ей, что эта идея найдёт серьёзную поддержку академического начальства. Предвижу также, что предложенная в статье система наукометрических показателей может вызвать негативную реакцию немалого числа коллег, особенно среди представителей естественно-научных дисциплин, которые привыкли к коллективным публикациям. Кроме того, формирование и актуальная поддержка наукометрического портрета очевидно требует значительных временных затрат по внесению новых данных и коррекции уже имеющихся, что может вызвать недовольство многих тружеников науки. Наконец, перерасчёт научных показателей учёных сделает необходимым значительную перестройку РИНЦ, поскольку других площадок, которые бы могли учитывать все работы отечественных авторов, просто нет.

Вместе с тем в случае широкого внедрения наукометрического портрета в академическую практику он может дать богатый материал для развития новой отрасли научного знания — *наукометрической антропологии*, то есть дисциплины, изучающей особенности применения наукометрии в различных странах и реакции на неё со стороны научного сообщества этих стран. Размышления на эту тему возникли, когда мне довелось готовить доклад “Автоэтнография, американистика и наукометрия” для XIV Конгресса антропологов и этнологов России (Томск, 6–9 июля 2021 г.) [48]. К слову сказать, статьи по близкой проблематике иногда появляются за рубежом, хотя и нечасто [49, 50]. Вполне естественно, что в тех странах, где власти жёстко навязывают наукометрические стандарты (Россия — классический образец), наукометрия оказывает обратное влияние на творчество и публикационную стратегию учёных. Весной 2020 г. мы с двумя коллегами изучали этот феномен путём опроса и анкетирования почти трёхсот преподавателей ведущих российских вузов. Проведённое исследование выявило любопытные различия восприятия наукометрии и её показателей среди мужчин и женщин, лиц разных возрастных групп и социального/научного статуса [51]. Представляется, что эта тема может быть достаточно перспективной для дальнейших разработок.

В заключение следует подчеркнуть, что наукометрический портрет учёного — это не отлитый в бронзе памятник, а динамично развивающаяся система наукометрических показателей, причём даже после окончания научной деятельности и отсутствия новых публикаций отдельные метрики могут менять порядок своих цифр (например, индекс Хирша — по мере накопления новых цитирований). Формирование и анализ наукометрического портрета учёного может дать богатый научный материал для сравнительных исследований и практического применения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Angadi M., Koganuramath M.M., Kademani B.S., Kumbar B.D., Jange S.* Nobel Laureate Anthony J. Leggett: A scientometric portrait // *Annals of Library and Information Studies*. 2006. V. 53. № 4. P. 203–212.
2. *Bathrinarayanan A., Rajagopalan S.* A Scientometric Portrait of V. Vaithiyanathan publications as reflected in Web of Science Database // *International Journal of Pure and Applied Mathematics*. 2017. V. 117. № 14. P. 135–143.
3. *González-Alcaide G.* Scientometric portrait of biochemist Santiago Grisolia: publication productivity, collaboration patterns, and citation analysis // *Research Evaluation*. 2014. V. 23. Is. 2. P. 150–165.
4. *Karagöz B.* Prof. Dr. Osman Gündüz’ün bilimetric portresi // *TÜBAD*, 2021. Cilt VI, Sayı I. P. 40–56.
5. *Рыбачук В.П.* Библиометрический портрет академика Владимира Ивановича Вернадского: известность в мире // Библиотеки национальных академий наук: проблемы функционирования, тенденции развития. 2013. № 11. С. 22–33.
6. *Грановский Ю.В.* Мой наукометрический “автопортрет” // *Научоведческие исследования*, 2015: Сб. науч. тр. / Отв. ред. А.И. Ракитов. М.: ИНИОН РАН, 2015. С. 139–152.
7. *Дворовенко О.В.* Библиометрический портрет И.С. Пилко // Библиография и книговедение. 2018. № 3. С. 149–153.
8. *Alireza E., Sajad G., Dickson G.* A Scientometric portrait of Daniel Funk: Publication productivity, collaboration patterns, and citation analysis // *Library Philosophy and Practice (e-journal)*. 2021. № 5352. P. 1–18.
9. *Жэнгра И.* Ошибки в оценке науки, или Как правильно использовать библиометрию. М.: Новое литературное обозрение, 2018.
10. *Гринёв А.В.* Российскому индексу научного цитирования 15 лет: опыт личного общения // Гуманитарные чтения в Политехническом университете. Ч. 2. Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: Политехпресс, 2020. С. 192–200.
11. *Сергеев А.Н.* О приоритетных направлениях деятельности Российской академии наук по реализации государственной научно-технической политики и важнейших научных результатах, полученных российскими учёными в 2018 году // *Вестник РАН*. 2019. № 9. С. 901–922.
12. *Кононенко Е.И.* Ещё раз о симуляции научной деятельности в гуманитарных дисциплинах // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Искусствоведение*. 2021. Т. 11. Вып. 2. С. 327–349.
13. *Земсков А.И.* Библиометрия: взгляд на проблему. Сравнение уровня цитирования статей в различных странах // *Научные и технические библиотеки*. 2014. № 9. С. 22–44.
14. *Арутюнов В.В.* Особенности рейтинга цитируемости российских учёных по версии РИНЦ // *Научные и технические библиотеки*. 2015. № 5. С. 29–44.
15. *Агранович М.* В рейтинг лучших университетов мира вошли 60 российских вузов // *Российская газета — Федеральный выпуск*. 02.09.2021. № 201(8552). С. 13.
16. *Иванова Е.А., Николаева Л.Г.* Совместные публикации учёных стран мира // *Петербургская социология сегодня*. 2019. № 12. С. 5–21.

17. Полников В.Г. О соавторстве в науке // Путь науки. 2015. № 10. С. 149–151.
18. Гуреев В.Н., Мазов Н.А., Лакизо И.Г. Критерии авторства и проблема его атрибуции в научных публикациях // Научные и технические библиотеки. 2019. № 12. С. 5–24.
19. Mingers J., Leydesdorff L. A review of theory and practice in scientometrics // European Journal of Operational Research. 2015. V. 246. № 1. P. 1–19.
20. Штовба С.Д., Штовба Е.В. Обзор наукометрических показателей для оценки публикационной деятельности учёного // Управление большими системами / Сборник трудов. Специальный выпуск 44: Наукометрия и экспертиза в управлении наукой. М.: ИПУ РАН, 2013. С. 262–278.
21. Masic I., Jankovic S.M. Inflated co-authorship introduces bias to current scientometric indices // MED ARCH. 2021. V. 75. № 4. P. 248–255.
22. Михайлов О.В. О возможной модификации индексов Хирша и Эгга с учётом соавторства // Социология науки и технологий. 2014. № 3. С. 48–55.
23. Маврин С.В. Нормированная доленая цитируемость как универсальная характеристика научной публикации // Социология науки и технологий. 2016. № 1. С. 95–108.
24. Гуреев В.Н., Мазов Н.А., Ильичёв А.А. Карьерный рост учёных и публикационная этика // Вестник РАН. 2019. № 3. С. 270–278.
25. Иванов А.Б., Петров В.Г. Технологии увеличения индекса Хирша и развития имитационной науки // В защиту науки. 2016. № 17. С. 38–51.
26. Григорьева Е.И., Заринова З.Р., Кокарев К.П. Хороши ли журналы, в которых размещены ваши статьи? // Полис. Политические исследования. 2015. № 3. С. 147–159.
27. Стерлигов И.А. Российский конференционный взрыв. Возможные причины и последствия. М.: Наукометрический центр НИУ-ВШЭ, 2019.
28. Полянин А.Д. Недостатки индексов цитируемости и Хирша. Индексы максимальной цитируемости // Математическое моделирование и числительные методы. 2014. № 1. С. 131–144.
29. Миронов В.В. Новые индексы публикационной активности // Вестник РАН. 2020. № 10. С. 959–966.
30. Bornmann L., Mutz R., Daniel H.-D. The h index research output measurement: Two approaches to enhance its accuracy // Journal of Informetrics. 2010. № 4. P. 407–414.
31. Михайлов О.В. Новая версия индекса Хирша – j-индекс // Вестник РАН. 2014. № 6. С. 532–535.
32. Hicks D., Wouters P., Waltman L. et al. Bibliometrics: The Leiden Manifesto for research metrics // Nature. 2015. V. 520. P. 429–431.
33. Martín-Martín A., Orduna-Malea E., Thelwall M., López-Cózar E.D. Google Scholar, Web of Science, and Scopus: a systematic comparison of citations in 252 subject categories // Journal of Informetrics. 2018. V. 12. № 4. P. 1160–1177.
34. Костенко Л.И., Жабин А.И., Кухарчук Е.А., Симоненко Т.В. Картина науки в библиометрических портретах учёных // Библиотеки национальных академий наук: проблемы функционирования. 2014. Вып. 12. С. 70–78.
35. Михайлов О.В. Цитируемость и библиометрические показатели российских учёных и научных журналов // Проблемы деятельности учёного и научных коллективов. 2017. № 3. С. 152–170.
36. Молчанова Н.В., Сканцев В.М., Спасенников В.В. Дискуссионные вопросы оценки эффективности научной деятельности с использованием индексов цитирования (обзор отечественных и зарубежных публикаций) // Эргодизайн. 2019. № 4. С. 186–195.
37. Цветкова В.А., Мохначева Ю.В., Калашикова Г.В. Парадоксы библиометрических инструментов // Научные и технические библиотеки. 2018. № 8. С. 3–19.
38. Кузнецов А.В. Для начала надо навести порядок в существующей системе РИНЦ // Вестник РАН. 2014. № 3. С. 268–269.
39. Котляров И.Д. Новый метод оценки продуктивности и научной деятельности // Библиосфера. 2010. № 2. С. 60–66.
40. Функ Д.А. Наукометрия в оценке качества публикаций в социальных и гуманитарных науках // Сибирские исторические исследования. 2016. № 1. С. 8–26.
41. Третьякова О.В. Оценка журналов RSCI по экономическим наукам в контексте создания национального индекса цитирования // Вестник РАН. 2020. № 4. С. 364–380.
42. Гринёв А.В. Публикационная активность ведущих российских историков в ББД Scopus и квартильный индекс // Клио. 2019. № 11. С. 35–47.
43. Московкин В.М. Квартильный индекс в наукометрии // Научно-техническая информация. Сер. 2. Информационные процессы и системы. 2021. № 8. С. 1–3.
44. Мазов Н.А., Гуреев В.Н. Альтернативные подходы к оценке научных результатов // Вестник РАН. 2015. № 2. С. 115–122.
45. Kalyane V. L., Sen B. K. Scientometric Portrait of Nobel Laureate Pierre-Gilles de Gennes // Malaysian Journal of Library & Information Science. 1996. V. 1. № 2. P. 13–26.
46. Munnolli S.S., Pujar S.M., Kademani B.S. Scientometric portrait of Nobel Laureate Harald zur Hausen // Annals of Library and Information Studies. 2011. V. 58. № 1. P. 71–78.
47. Kumar M., Ruhela A., Kumar S. Nobel Laureate Jeffrey C. Hall: A scientometric portrait // Library Philosophy and Practice (e-journal). 2018. № 1895. P. 1–15.
48. Гринёв А.В. Автоэтнография, американистика и наукометрия // XIV Конгресс антропологов и этнологов России. Томск, 6–9 июля 2021 г. Сборник материалов / Отв. ред. И.В. Нам. М., Томск: Изд-во Томского ун-та, 2021. С. 407–408.
49. Buéla-Casal G., Zych I. What do the scientists think about the impact factor? // Scientometrics. 2012. V. 92. № 2. P. 281–292.
50. Hammarfelt B., Haddow G. Conflicting measures and values: How humanities scholars in Australia and Sweden use and react to bibliometric indicators // Journal of the Association for Information and Technology. 2018. V. 69. № 7. P. 924–935.
51. Grinёv A. V., Bylieva D. S., Lobatyuk V. V. Russian university teachers' perceptions of scientometrics // MDPI (Multidisciplinary Digital Publishing Institute) Informatics 2021. V. 9. Is. 2. P. 1–16.  
<https://doi.org/10.3390/publications9020022>

**В ПОИСКАХ ПЕРСПЕКТИВНОЙ СТРАТЕГИИ  
РАЗВИТИЯ ЦИВИЛИЗАЦИИ  
К 50-ЛЕТИЮ ВЫХОДА В СВЕТ ДОКЛАДА РИМСКОМУ КЛУБУ  
“ПРЕДЕЛЫ РОСТА”**

© 2022 г. В. А. Лось

*Российская экологическая академия, Москва, Россия*

*E-mail: viktor\_943@icloud.com*

Поступила в редакцию 13.09.2021 г.

После доработки 26.11.2021 г.

Принята к публикации 09.12.2021 г.

В статье анализируются последствия публикации первого доклада Римскому клубу “Пределы роста” (1972), в котором на основе моделирования показана реальность коллапса как результат несоответствия между ростом мирового населения и возможностями удовлетворения его потребностей в процессе деградации и истощения природных ресурсов; намечена стратегия его преодоления — концепция органического роста. Автор приходит к выводу, что прошедшие десятилетия не уменьшили концептуального и прогностического значения этой работы. Более того, острота глобальных проблем, связанных с демографическим ростом и деградацией мировых экосистем, отнюдь не преодолена, а напротив — усиливается. Принятая мировая стратегия устойчивого развития, ориентированная до 30-х годов XXI в., показывает, что человечество серьёзно отнеслось к предостережениям Римского клуба. И в этом — один из важнейших итогов этой уже давней, но весьма значимой публикации.

*Ключевые слова:* моделирование, органический рост, устойчивое развитие, демография, Римский клуб, цивилизация, будущее человечества.

**DOI:** 10.31857/S0869587322040041

В начале 70-х годов XX в. под эгидой мало кому известной тогда международной общественной организации “Римский клуб” мировому научно-му и политическому истеблишменту был представлен доклад “Пределы роста” [1], реализуемый по проекту клуба “Проблемы человечества”. Его выводы и поднятые проблемы привлекли всеобщее внимание, а их обсуждение с не мень-

шей горячностью, чем прежде, ведётся и в XXI в. В чём тайна этого успеха?

Во-первых, предельно алармистский итоговый вывод доклада о реальных “затруднениях человечества”: при сравнительно ограниченных ресурсах биосферы и сохраняющихся темпах демографического роста в соответствии с базовым сценарием предполагались бесконтрольное сокращение населения и резкий спад уровня жизни. Экологическое выживание человечества, как следовало из доклада, оказывается под реальной временной угрозой. Конечно, и прежде было немало тревожных теоретических построений в демографическом контексте (например, неомальтузианство), носивших, однако, преимущественно спекулятивный характер. В докладе же был применён нетрадиционный метод анализа явлений глобального масштаба.

Во-вторых, авторы доклада использовали компьютерную модель, исходившую из идей предшественников, в частности, Дж. Форрестера [2], за-



ЛОСЬ Виктор Александрович — доктор философских наук, профессор, действительный член Российской экологической академии.

ложившую основы моделирования глобальных процессов. Сформулированные на её основе выводы представлялись общественному мнению в качестве безусловных, в то время как сами авторы подчёркивали вариативный (сценарный) характер своих построений. Тем не менее построенные графики казались большинству непосвящённых реалистичными предсказаниями наследников древнеримских весталок-жриц.

В-третьих, выводы доклада носили не только алармистский характер, но и оставляли надежду: если человечество сумеет контролировать демографический рост и экспоненциальное потребление природных ресурсов, то возможно сохранение равновесия биосферы (и значит, выживание глобального социума) при удовлетворении рациональных потребностей человека и его всестороннего духовного развития.

Наконец, в-четвёртых, социальный посыл доклада совпал с критическими настроениями по отношению к обществу потребления, доминировавшими в либеральных кругах западноевропейского социума. Экстраполяция потребительского тренда носила явно негативную прогностическую коннотацию. И выводы доклада это конструктивно подтверждали.

Сложившаяся ориентация мирового развития нуждалась в радикальной трансформации, чтобы обеспечить историческое выживание человечества. И общее направление к этому было обозначено: снижение демографического роста, модернизация технологического развития, рационализация потребительских ориентиров.

Впрочем, научное и общественное мнение радикально разделилось. Одни специалисты (назовём их условно “позитивистами”) в целом положительно восприняли полученные результаты компьютерного моделирования, вместе с тем оценивая вероятностную степень их приближения к реальности. Другие (назовём их “негативистами”) были настроены достаточно критически: отвергали методологические возможности адекватного моделирования глобальных процессов; доказывали, что технологическая модернизация способна нивелировать деградиционные тренды развития; утверждали, что рыночная экономическая модель сможет регулировать экономические, экологические и демографические процессы.

Авторы доклада конструктивно восприняли критику в свой адрес: на протяжении трёх десятилетий, с начала 1990-х годов и до начала XXI в., несколько раз (через 20 [3] и 30 лет [4] после выхода книги в свет) корректировали, исходя из современных статистических данных, первоначальные модельные построения, учитывая, например, увеличение годового потребления человечеством природных ресурсов, продолжающийся демографический рост мирового населения, экологиче-

скую нагрузку на биосферу, модернизацию технологий. Их вывод оставался прежним: социально-экологический конфликт неизбежен, если человечество не проведёт радикальную трансформацию своей деятельности, не сократит демографический рост и не уменьшит давление на естественную среду своего обитания.

Последняя версия доклада (а что это действительно окончательный вариант подтвердил Денниз Медоуз, один из лидеров проекта, в интервью журналу “Эксперт” в апреле 2012 г.). Человечество уже приблизилось, по его мнению, к предельно опасному состоянию, и нужно вернуться в “пределы устойчивости”.

Его сценарий исходит из традиционного алармистского вывода, тем не менее получающего отчётливый прогностический тренд. Однако и через четыре десятилетия, в 2052 г., если следовать стратегическому сценарию [5], с одной стороны, ещё не реализуется негативный вариант социального и экологического коллапса, а с другой — человечество будет по-прежнему опасно балансировать на грани между последствиями продолжающегося экспоненциального роста и стремлением выжить в условиях нарастающих потрясений.

На протяжении этих десятилетий версии “Пределов роста” выходили многомиллионными тиражами во многих странах мира (в нашей стране книга была издана лишь 20 лет спустя после её первого выпуска [6]); переведены на практически все мировые языки; вряд ли в мире можно найти средства массовой информации, не обсуждавшие в той или иной степени реальность или утопичность негативных сценариев развития цивилизации. Патронируя этот проект, участвуя и зачастую инициируя соответствующие дискуссии и обсуждения, Римский клуб в те годы превратился в одну из самых престижных международных общественных организаций, ко мнению которой прислушивались учёные, государственные и политические деятели, широкие круги общественности.

Под эгидой Римского клуба за пять десятилетий было выпущено в свет более четырёх десятков докладов — фундаментальных исследований, подготовленных отдельными специалистами или их коллективами, в рамках которых рассматривалась глобальная проблематика, связанная с преодолением “трудностей человечества”. В сущности, эти исследования в явной или неявной форме продолжали отвечать на вопросы, поднятые в процессе обсуждения “Пределов роста”. Базовых из них, по крайней мере, два: первый — реален ли мировой коллапс в процессе дисбаланса демографического роста на планете и природно-ресурсного потенциала, а если да, то второй — возможно

ли его избежать и каковы пути стратегии конструктивного выживания человечества?

Логика развития современной цивилизации, представленная в “Пределах роста” и подтверждённая в рамках системной динамики, подводит к реальности остроты стратегических противоречий в планетарной системе человек—социум—биосфера. Абсолютный ростовой тренд мирового народонаселения и относительная ограниченность естественного природного потенциала обуславливают историческую фатальность острого характера перспективных глобальных социально-экологических противоречий. А значит, поиск ответа на второй вопрос (на основе анализа докладов Римскому клубу) становится неизбежным.

**Философия динамизма цивилизации: от количественного роста к устойчивому развитию.** Основа стратегического выживания современной цивилизации — радикальная трансформация исторической модели развития.

Локомотив эффективности традиционных рыночных отношений — феномен количественного роста во всех его проявлениях: от промышленного и сельскохозяйственного производства до сферы услуг. В условиях индустриального общества степень “количественности” уступает его качественным характеристикам. Однако при переходе к постиндустриализму — прежде всего в результате инновационных трендов — теоретически показатели “качественности” развития должны преобладать над показателями “количественности” роста.

Реальность природного ограничения цивилизационного динамизма обусловила появление современных форм стратегии нулевого роста. Если исторические теории (например, мальтузианство) делали акцент на нулевом развитии демографических процессов, то современные концепции распространяют эту форму развития на все, в сущности, сферы деятельности, когда экономический эффект обусловлен научным и социальным динамизмом — стратегией глобального равновесия, связанной с сокращением демографических показателей, совершенствованием технологических решений. Иначе говоря, эффективность деятельности определяется не столько экономическими критериями, сколько повышением качества жизни, причём эта тенденция получает глобально-региональное измерение.

В этом контексте сформулировано представление об органическом росте, ставшее одним из базовых для стратегических установок Римского клуба. В его рамках мировая система рассматривается как взаимосвязь (и взаимозависимость) различных регионов, находящихся на разных стадиях развития, имея в виду специфику социально-экономической дифференциации развитых и развивающихся стран [7].

Тем не менее их объединяет общая цель: позитивное развитие целостного организма — мировой цивилизации. Её выход на уровень органического роста предполагает взаимосвязь подсистем, когда богатые делятся своими ресурсами (инновациями) с бедными странами, что рассматривается Э. Пестелем как важнейшее условие эффективности глобального управления, как реальность вхождения в структуру “органического общества” [8].

Формы и масштабы современного динамизма цивилизации позволяют реализовать постулируемые ориентиры, имея в виду, в частности, фактор четыре — повышение эффективности деятельности в несколько раз во всех формах её проявления [9] и фактор пять [10], учитывающий рационализацию деятельности и дальнейшее повышение её эффективности в процессе использования инноваций и большей социальной ориентации государственной политики. Этот процесс рассматривается как этап ускоренного продвижения цивилизации по пути к её устойчивости.

С начала 70-х (пределы роста) до начала 90-х годов (первая глобальная революция) XX в. [11] продолжают затруднения, требующие радикальных изменений в системе сложившихся планетарных противоречий. Острота затруднений, связанных с необходимостью выхода цивилизации из кризиса (для выживания и позитивного исторического динамизма, на чём на протяжении последнего 20-летия неустанно настаивал в своих докладах Римский клуб), была воспринята на уровне мирового истеблишмента.

В рамках ООН принята концепция устойчивого развития цивилизации (Рио-92), являющаяся, в сущности, институциональной формой качественного роста (нулевой рост, органический рост и т.д.). В её основе — экономический рост, ограниченный, однако, экологическими и социокультурными установками, ориентированными на удовлетворение рациональных потребностей как настоящих, так и будущих поколений. Концепция устойчивого развития ООН, рассчитанная на историческую перспективу, традиционно постулирует улучшение качества жизни человека. Однако анализ, проведённый в рамках одного из последних опубликованных докладов [12], свидетельствует о полярности ситуации: с одной стороны, реализация концепции устойчивого развития предполагает более чёткую практическую направленность, ибо теоретические декларации не всегда соответствуют возможностям, особенно развивающихся стран, а с другой — в её рамках тем не менее выявляется позитивная перспектива цивилизации устойчивого будущего. Сегодня ей нет реальной альтернативы: мировой социум следует в этом направлении, в соответствии с решениями ООН, до 30-х годов XXI в.



**Демографический реализм: от экспансии роста населения к качеству жизни.** Демографические тенденции по-прежнему рассматриваются как определяющий фактор дисбаланса глобальной социоприродной системы.

Счётчик населения Земли работает неустанно. На нашей планете проживает, по данным ООН, лишь немногим меньше 8 млрд человек (ещё в начале XXI в. — около 6 млрд). На протяжении многих десятилетий годовой прирост мирового населения колебался в пределах 1–2%. Если этот показатель уменьшится до 0.5%, то примерно через столетие землян будет около 11 млрд человек.

Очевидно, что экспоненциальный демографический рост имеет отчётливую прогностическую тенденцию, которая радикально не изменилась и в ковидный период. Следовательно, на ближайшие десятилетия демографический стресс по-прежнему остаётся фактором, влияющим на мировую динамику. Эти данные соответствуют примерно базовому (из 12 представленных) сценарию “Пределов роста”. И если не предпринимать реальных мер, то цивилизация будет реализовывать, как следует из него, менее благоприятный сценарий.

Более 70% населения планеты проживает всего в двух десятках густонаселённых стран. В эту группу входят как условно развивающиеся (Индонезия, Пакистан, Бразилия и другие), так и развитые (США, Россия, Япония и другие) государства. Китай и Индия, несмотря на масштабные депопуляционные усилия, остаются единственными в мировом сообществе странами, где население превышает 1 млрд человек. Предполагается, что в ближайшее десятилетие индийские демографические показатели превзойдут китайские. Более того, по данным Вашингтонского университета, реализуется тенденция, в соответствии с которой Китай утратит свой миллиардный статус (страна пытается остановить этот тренд, отказавшись от мер сокращения рождаемости).

В одном из докладов [13], на основе концепций системного анализа и синергетики, разработана математическая модель для феноменологического описания демографических процессов как настоящего, так и будущего. Из неё следует, что демографический переход в развивающихся странах, то есть сокращение рождаемости и смертности, будет реализовываться после того, как численность населения мира приблизится к 14 млрд человек. При этом в рамках количественной нелинейной теории мирового населения, предложенной С.П. Капицей, отстаивается тезис, в соответствии с которым демографические трудности обусловлены не столько ресурсным дефицитом, сколько внутренним парттерном роста открытой системы.

Из демографических построений “Пределов роста” в рамках любых сценариев следует безусловное снижение качественных характеристик жизни в общемировом измерении. Впрочем, мировая статистика предоставляет более оптимистические сведения на этот счёт.

По данным отдела народонаселения Департамента ООН по экономическим и социальным вопросам, средняя ожидаемая продолжительность жизни в мире достигнет ко второй декаде XXI в. примерно 70 лет (в конце XX в. этот показатель составлял 65 лет). При этом очевидно, что региональные показатели весьма дифференцированы, они очень сильно различаются в развитых и развивающихся странах (африканец живёт в среднем на два десятка лет меньше американца).

Качественные показатели жизни, в соответствии с данными ООН, соотносятся с экономическими и демографическими характеристиками. Самый высокий уровень жизни в Норвегии, Швейцарии и Ирландии. И именно для этих стран, как, впрочем, и других развитых, характерна низкая рождаемость. К примеру, в Норвегии коэффициент рождаемости составляет 1.56, в то время как в Нигере, Судане, Чаде, уровень жизни в которых крайне низок, этот коэффициент достигает 6.91.

В сценариях, разработанных в “Пределах роста”, отчётливо выявляется эта взаимосвязь, относящаяся с реальными процессами. Экстраполяция современных тенденций неуклонно ведёт к экономической стагнации, социальной напряжённости, экологическим стрессам, а в конечном счёте — к социально-экологическому коллапсу. Смягчение и возможное преодоление кризисной ситуации связываются (наряду со снижением демографических показателей) с совершенствованием традиционных технологий.

**Инновационность техносферы: от “коричневости” деятельности к “голубой” цикличности.** Индустриальное общество, которое начало складываться более 200 лет тому назад, перейдя от преимущественно ручного труда к масштабному фабричному производству, с одной стороны, стимулировало рост производительности во всех сферах деятельности, а с другой — расширение производственно-хозяйственного и социокультурного функционирования общества обернулось усилением воздействия на естественные экосистемы.

Более того, примерно до середины XX в. действующая технико-экономическая модель цивилизации не учитывала реальность экологических ограничений роста: деятельность носила доминирующий природопотребительский характер, влекла за собой существенное загрязнение природной среды, особенно в крупных городах. Один из самых показательных примеров — печально из-

вестный смог в английской столице (с ним связывается потеря немалого числа человеческих жизней), когда густой туман сочетался с выбросами технико-технологических систем (автомобили, теплоэлектростанции и каминное отопление). Впрочем, опасная острота экологической ситуации в Лондоне давно ушла в прошлое.

Однако природопотребительский тип развития современной цивилизации, доминирование “коричневой” экономики, связанной с “цветными” выбросами в природные экосистемы, с трудом сдают свои позиции. Тем не менее исторически сложившаяся западная модель экономического развития постепенно создавала материальные и социокультурные предпосылки для смягчения болевых точек. Этому способствовало и вхождение мирового сообщества в эпоху постиндустриализма, в рамках которого высокая степень инновационности позволяет выйти на уровень эффективных технических решений, сочетающих потребности традиционного экономизма с набирающим популярность экологизмом.

Структура производства, связанная с отходами, когда технологический процесс предусматривает выбросы в окружающую среду, постепенно заменяется на циклическую (замкнутую) модель. Речь идёт лишь о масштабах цикличности и возможностях её реализации. Именно в её рамках можно не только относительно сократить объёмы используемых ресурсов, но и уменьшить деградиционные изменения естественных экосистем. Поэтому воплощение установок “циклической экономики” [14] рассматривается как одна из определяющих предпосылок равновесия между человеческой деятельностью и функционированием биосферы.

Информационная (а сегодня — цифровая) революция — ещё одна из возможностей дальнейшей рационализации взаимоотношений элементов системы человек—социум—биосфера. Цифровизация деятельности создаёт условия, при которых всё большая часть материальных форм функционирования цивилизации перемещается в виртуальную сферу — уменьшается масштабность материальной деятельности при повышении её эффективности и минимизации негативного воздействия на естественные экосистемы. Тем самым реализуются, кажется, представления Э. Шумахера [15] о “буддистской экономике”, стремящейся к балансу человеческих интересов и экофильных стереотипов, к деятельности (и жизни) по принципу “малое прекрасно”.

Современная цивилизация воспринимает идеологию “зелёной” экономики (в одном из докладов её называют “голубой”) [16]. Речь идёт о том, что вся структура её функционирования и бытия социума приобретает отчётливый социально-экологический контекст. К примеру, развитие

энергетического сектора предполагает не только рационализацию энергопотребления, но и реальный выход на альтернативные энергетические источники, постепенный отказ от использования углеводородных топливных ресурсов. Радикальное улучшение городской экологической ситуации связано с адекватным решением проблемы отходов, совершенствованием транспортной инфраструктуры, в частности, с масштабным переходом на электромобили. Человек, удовлетворяя свои рациональные потребности, вместе с тем пытается учитывать и современные природоохранные стереотипы.

“Голубая” (“зелёная”) экономика становится основанием реальной технологической модернизации, а традиционная линейность деятельности постепенно вытесняется её циклическостью. В рамках современной цивилизации отчётливо ощущается потребность в более активных и масштабных эколого-экономических решениях. Темпы их реализации никак не соответствуют остроте напряжённости в сформированной системе взаимоотношений человека с окружающей его природной средой.

**На распутье: от экологической неустойчивости к равновесию биосферы.** Создаётся впечатление, что реализуется негативный экологический тренд сценарных построений “Пределов роста”. В документах ООН, подводящих итог “экологического двадцатилетия” (от Стокгольма, 1972, к Рио-де-Жанейро, 1992), было сформулировано, по меньшей мере, три вывода.

Во-первых, несмотря на существенные усилия (выделение около 2% ВВП большинством развитых стран на природоохранные цели, переориентацию технологий), мировая социально-экологическая ситуация отнюдь не улучшилась. По-прежнему технико-антропогенный фактор — определяющее условие дальнейшей деградации всё больших структур биосферы.

Во-вторых, экстраполяция западной модели на глобальную социоприродную систему неадекватна для стратегического развития цивилизации в целом, учитывая, в частности, её высокие потребительские стандарты.

В-третьих, возникает необходимость выйти на уровень экологической стратегии, более соответствующей остроте и масштабности биосферной напряжённости. В качестве таковой была выдвинута концепция устойчивого развития цивилизации, исходящая из баланса не только экономических и экологических, но и социокультурных стереотипов. Конференция ООН по устойчивому развитию (Рио-де-Жанейро, 2012) подтвердила целесообразность более активной реализации этой концепции в мировом контексте, учитывая масштабы социально-экологического неблагополучия. Позднее под эгидой ООН был принят до-

кумент (“Преобразование нашего мира”, 2015), где природоохранная проблематика по-прежнему в числе глобальных целей, стоящих перед современной цивилизацией.

В течение последних десятилетий было собрано немало данных о специфике мировой социально-экологической ситуации, её региональных и локальных особенностях, основных направлениях её динамики. В сущности, большинство докладов Римскому клубу в той или иной степени касается природоохранной проблематики, которая рассматривается в качестве одной из ключевых в системе глобальных проблем современности.

Очевидно, что экологический шлейф так или иначе затрагивает практически все сферы человеческого существования, начиная от экологической безопасности, связанной с последствиями возможного применения оружия массового уничтожения (“ядерная зима”), продовольственным, энергетическим и ресурсным дефицитом, обусловленным деградацией естественных экосистем, и заканчивая положением человека — последствиями глобального демографического стресса, его перспективами в исторической динамике.

Уже ясно, что острота мировых социально-экологических противоречий отнюдь не уходит в прошлое. И если в Темзе, как говорят очевидцы, появилась рыба и неплохо себя чувствуют королевские лебеди, то мировая статистка не столь оптимистична: экосистемы биосферы неуклонно деградируют, расширяется ареал исчезающих видов флоры и фауны. Более того, обостряется противоречие между относительной неограниченностью материальных потребностей социума и сравнительной ограниченностью ёмкости биосферы. При этом рост исторической нагрузки на планетарную экосистему выходит на такой уровень, в рамках которого нарушаются естественные механизмы её самоорганизации, обуславливающие способность адаптации живых систем к внешним воздействиям.

Нарушение ёмкости биосферы — один из базовых факторов, провоцирующих тенденцию к сокращению естественной производительности аграрного сектора, деградации водных ресурсов и дефициту пресной воды, загрязнению атмосферы. Историческая ограниченность природно-ресурсного потенциала повышает степень конфликтности между странами и регионами за его доступность. Ухудшение качества естественной среды обитания человека в целом характерно как для развитых (Север), так и развивающихся (Юг) регионов. При этом, однако, население Юга в большей степени зависит от природной среды — южные экосистемы менее устойчивы, чем природные структуры Севера. При этом экосистемы большинства развитых стран находятся под за-

щитой высоких технологий, минимизирующих (по сравнению с архаичными техническими системами Юга) воздействие на элементы биосферы. Тем не менее её изменения приобретают планетарный характер, трансформируя климат. И это вызывает серьёзное беспокойство мирового сообщества. Реально обсуждаются два возможных варианта климатических изменений, а именно потепление и похолодание мирового климата.

Приверженцы климатического похолодания (их значительно меньше) исходят из того, что деятельность технико-антропогенного характера, связанная с парниковым эффектом, не рассматривается как определяющий фактор динамики глобального климата. В этом контексте анализируется процесс исторического циклического круговорота — естественной смены холодных и тёплых периодов развития Земли, феномен постепенного охлаждения Солнца и другие процессы.

Напротив, сторонники потепления климата (а их большинство) приводят доказательства того, что именно антропогенные факторы, обусловленные, в частности, увеличением эмиссии парниковых газов (углекислого газа, метана), ведут к росту температурного режима на нашей планете. Предполагается, что к концу XXI в. соответствующие показатели, по разным расчётам, могут повыситься на два градуса, что приведёт к существенным негативным последствиям — таянию ледников, повышению уровня Мирового океана, подтоплению европейских городов.

Впрочем, очевидно и то, что любое радикальное изменение исторически сложившихся параметров биосферы негативно скажется на развитии её биологических объектов, включая человека. Поэтому мировое сообщество столь серьёзно относится к реальности возможных климатических изменений (Саммит лидеров по вопросам климата, апрель 2021 г.), разрабатывая меры по их смягчению и стратегическому предотвращению.

В одном из докладов Римскому клубу представлен “Планетарный план действий в чрезвычайных ситуациях” [17], включающий систему возможных политических решений, направленных на урегулирование потенциальных радикальных климатических изменений и их последствий. По существу, предлагается проект действий по интеграции усилий государств мирового сообщества для реализации этих целевых установок. В нём предложен механизм решения трёх проблем общепланетарного масштаба: предотвращение климатических изменений, сокращение биоразнообразия и сохранение здоровья людей.

В XX в. цивилизация вступила в эпоху антропоцена, в которой деятельность человека определяет динамику социоприродных изменений. В XXI в. большинство этих изменений носит негативный характер. Их потенциальное преодоление

предполагает вхождение человечества в эпоху биогеоцена, где реализуется стремление к адекватному сосуществованию человека и биосоциальной среды его обитания.

**Дилемма Север—Юг: от полярности к противоречивости единства.** Значительная часть представленных докладов Римскому клубу, как бы обобщая и развивая идеи “Пределов роста”, посвящена проблемам третьего мира. Процессы, происходящие в развивающихся регионах, оказывают существенное воздействие на мировую динамику, осложняя и дестабилизируя экономическую и политическую ситуацию, усугубляя экологическую деградацию. Неслучайно в одном из первых докладов, ещё середины 1970-х годов, была предложена стратегия “пересмотра международного порядка” [18], ориентированная, в частности, на трансформацию взаимоотношений стран Севера и Юга, смягчение и преодоление в перспективе полярности их развития.

На рубеже XX и XXI вв. отчётливее выявляется дифференциация и самих стран третьего мира. С одной стороны, возникли новые индустриальные страны (например, Гонконг и Сингапур); стремительно развиваются Китай и Индия, некоторые другие страны Азии и Латинской Америки, неуклонно преодолевающие “третьемирские” стереотипы. С другой стороны, среди стран Юга, особенно африканского региона, многим по-прежнему не удаётся снять остроту противоречий национально-регионального развития (в демографии, экономике и других областях).

Из материалов ООН следует, что хотя население, живущее в крайней нищете, в процентном отношении сокращается, тем не менее его глобальный уровень стремится к росту. Около 10% мирового населения, преимущественно в развивающихся регионах, живёт в условиях крайней нищеты, не имеет возможности удовлетворения своих основных потребностей. В Африке, в странах к югу от Сахары, человек со средним достатком живёт на сумму меньше 2 долл. в день (средний американец тратит около 160 долл.); голодает примерно 9% мирового населения, как правило, в развивающихся странах, в то время как средний человек Севера мечтает о том, “чтобы такое съесть, чтобы похудеть”. При этом наиболее острый продовольственный дефицит фиксируется на Африканском континенте, где число недоедающих растёт стремительнее, чем возможность решения проблемы продовольственной безопасности на национально-региональном уровне. Экстраполяция современных тенденций ведёт к тому, что число страдающих от нищеты, продовольственного дефицита, недоступности медицинской помощи не только не уменьшается, а, напротив, возрастает, особенно в связи с COVID-19.

Стратегия преодоления (по крайней мере, смягчения) социально-экономического противоречия между Севером и Югом в общем виде представляется как двусторонний процесс: с одной стороны, развитые страны в своих стратегических целевых установках должны в большей степени учитывать интересы третьего мира, а с другой стороны, страны третьего мира — более динамично сочетать национальные особенности с конструктивным опытом мирового развития. К примеру, в одном из докладов, подготовленных совместно с Африканской академией наук [19], предлагалось полнее учитывать природно-климатические условия и специфику социальной структуры традиционного африканского общества для выхода на уровень национального продовольственного обеспечения.

Необходимость реализации этой стратегии обостряется в XXI в., ибо снятие конфликта цивилизаций — одно из базовых условий их позитивного исторического развития. Закономерно, что, отвечая на эти вызовы современности, Римский клуб поддержал программу “Планетарного чрезвычайного партнёрства” [20]. В ней не только оценивается кризисное состояние мировой и региональных ситуаций в связи с глобальной пандемией COVID-19, но и её потенциал в качестве стратегического импульса регионального (африканского) динамизма.

Преодоление бифуркационных трендов современного развития цивилизации, в том числе по линии Север—Юг, в ещё раннем докладе Э. Ласло ассоциировалось с формированием условий для “революции мировой солидарности” [21]. При этом, с одной стороны, речь шла о радикальных экономических, социальных и политических трансформациях в направлении относительной цивилизационной целостности, с другой — о сохранении национальных культурных особенностей и традиционных духовных стереотипов. В начале третьей декады XXI в. ориентация на стратегическую цивилизационную интегральность и тактическую социокультурную дифференциацию становится особенно востребованной.

**На пути к человеку будущего: от его “одномерности” к “качественности”.** Именно от качеств человека и возможностей их развития зависит, считал основатель Римского клуба А. Печчеи [22], реализация позитивной стратегии цивилизации будущего. Ведь только люди и их социокультурная интеграция определяют динамизм и направление исторического процесса, ибо человек — реальный эпицентр мирового развития.

Условно выделяют три исторических типа человека: восточный, западный и евразийский. Если первые два типа полярны и существуют в действительной реальности, то последний — ре-

зультат прогнозирования и существует в большей степени лишь в виртуальной действительности.

Восточный человек (исторически сформировавшийся раньше), исходя из национальных религиозных традиций, стремится, как принято считать, к сочетанию единичного проявления бытия с миром в целом, то есть отдельное и общее рассматривается в их единстве. Для него характерна имманентная природоцентричность (экофильность), то есть человек в своём мышлении находится в гармонии с естественным окружением, а антропогенная деятельность не связана (по крайней мере, на ранних исторических этапах) с существенной трансформацией природных экосистем.

Западный человек, напротив, стремится, исходя из распространённого стереотипа, к противопоставлению себя и внешней среды: единичное рассматривается как внешнее по отношению к природе — целому. Для него характерен, исходя из христианских ценностей, имманентный человекоцентризм, который, опираясь на протестантскую этику, превознёс, с одной стороны, эффективность трудовой деятельности и высокий статус экономического и социального успеха, с другой стороны, формы и масштабы трудовой деятельности обусловили обострение и расширение процесса деградации мировых естественных экосистем. Тем самым западный человек, проявляя экофобность, как бы подтверждал свою «одномерность» (Г. Маркузе) — доминирующий интерес к росту банковского счёта и социальному успеху в ущерб другим, в том числе экологическим, ценностям.

Евразийский человек, который должен был возникнуть, в соответствии с теорией евразийства первой половины XX в., интегрировал, по представлениям её приверженцев, стереотипы западно- и восточоцентризма, балансируя на сочетании элементов экофобности и экофильности в прогностической деятельности. Его появления ждали в российском географическом пространстве, в рамках которого (на основе православного мировоззрения) должен был реализоваться механизм гармонии человека и внешней среды его окружения. В действительности всё сложилось иначе.

Историческая ретроспектива свидетельствует о том, что именно ментальность западного человека создала предпосылки для динамичного роста западноевропейской цивилизации, опередив (в экономических, научных и технических областях) цивилизации восточного типа. Именно западный антропоцентризм (в отличие от восточного природоцентризма) обусловил радикальную активизацию человеческой деятельности, высокую степень её инновационности.

Вместе с тем экофобность как составной элемент вестернизации, распространившаяся на волне глобализации в планетарном масштабе, привела к неуклонному обострению региональных и мировой социально-экологической ситуаций, ставя под реальную угрозу биосферное благополучие и потенциальное выживание современной циклизации. В сущности, сбывались спекулятивные прогнозы начала XX в. о «закате» западноевропейской цивилизации (О. Шпенглер), подтверждённые и модельными сценариями в его второй половине.

В ответ на эти вызовы современности человек западной ментальности включил внутренние и внешние механизмы, обеспечивавшие снижение степени цивилизационной экофобности как на деятельностном уровне (повышение статуса природоохранных технических решений), так и на ментальном (использование элементов экофильности в традиционном мышлении). Иначе говоря, западный человек всё более ориентируется на ориенталистские (востокоцентристские) стереотипы, стремясь гармонизировать свои отношения с природным миром.

Ориентализация человека западного типа мышления усиливается, что обусловливается, с одной стороны, действительностью кризисных тенденций традиционных социокультурных ценностей (и в этом смысле и «закат», и «пределы» стереотипов развития — жёсткое, но реальное обозначение действительных тенденций). Однако, с другой стороны, западный человек, в соответствии с известной притчей о лягушке, попавшей в кувшин с молоком, сбивает своё «масло», корректируя минусы западноцентризма плюсами востокоцентризма (гармоничность, экофильность).

Вместе с тем отчётливо проявляется и альтернативная тенденция — вестернизация активно проникает в систему цивилизаций восточного типа, которые, адаптировав западные инновации, возвращают исторически утраченный статус в иерархии мировых процессов. Азиатские «новые тигры» реально претендуют на лидерские места в глобальной табели о рангах, а восточный человек воспринимает (сохраняя при этом национальную ментальность) элементы западноевропейских стереотипов (активность, рациональность).

На рубеже XX и XXI вв. под воздействием процессов глобализации расширяется (несмотря на экономические противоречия и политические сложности) диалог культур как универсальный принцип, обеспечивающий духовное обогащение взаимодействующих цивилизаций. Именно диалог создаёт условия для взаимосвязи европейских и неевропейских культур, выступая адекватной формой межчеловеческого общения. И на стыке мировых культур уже проявляются, как представляется, контуры «качественного» (или евразий-

ского) человека, гармонично воспринимающего как западные, так и восточные ценности, сохраняя при этом в той или иной мере традиционную ментальность.

К началу XXI в. выявляется историческая ограниченность представлений о доминировании западнотризма над восточнотризмом и наоборот — восточнотризма над западнотризмом. Очевидно, что вестернизация и ориентализация — две ипостаси единого всемирного социокультурного процесса, связывающего прошлое, настоящее и будущее мировой цивилизации.

Человечество, преодолевая имманентные противоречия, неуклонно стремится к цивилизационной целостности, которая оказывается желанной, но упорно ускользающей линией горизонта. Интегральная стратегия цивилизации представляется тем трендом, который обеспечит стратегический баланс вестернизации и ориентализации на пути к совершенному человеку будущего.

\* \* \*

Древнеримская Троя пала, ибо её жители не поверили негодным им пророчествам Кассандры. Земляне не остались столь опасно равнодушными к “предельным” итогам первого доклада Римскому клубу.

Во-первых, обсуждения и дискуссии, проходившие по всему миру (и продолжающиеся до сих пор) об актуальной реальности алармизма и его выводов, свидетельствуют о том, что человечество в целом принимает сформулированный итог: если не изменить основные направления развития, то цивилизация в своих современных формах завершит своё существование в исторически обозначенной временной перспективе.

Во-вторых, мировое сообщество реально восприняло сформулированное в докладе предупреждение о грядущем коллапсе. Ответ на него — принятая стратегия устойчивого развития, исходящая из баланса экономических, экологических и социокультурных процессов цивилизации, реализуемая как на общемировом, так и регионально-национальном уровнях.

В-третьих, в науке возникло целое направление глобальных исследований (глобалистика), в рамках которого анализируется весь, в сущности, комплекс трудностей, стоящих перед человечеством, и пути их преодоления.

В-четвёртых, современная цивилизация получила ориентиры для совместного продвижения к будущему: обозначена реальность пределов традиционного развития и намечено общее направление позитивного движения к будущему, которое приобретает не только глобальное, но региональное и национальное измерение.

В докладе, приуроченном к полувековой деятельности Римского клуба, подтверждается: выводы “Пределов роста” остаются в силе. Перед цивилизацией по-прежнему выстраивается комплекс глобальных проблем (базовые из них отмечены в подзаголовке книги — капитализм, традиционная ментальность, демографический рост и деградация природы [23]), нуждающийся в дальнейшем анализе и принятии реальных мер. А значит, следующий полувековой юбилей члены клуба встретят за работой, результаты которой человечество ожидает с нетерпением.

Древнеримский философ Сенека (в письме к Луцилию) оставил нам предупреждение: Фортуна медленно растёт, но гибнет быстро. Эта максима важна и в экологическом контексте: не следует надолго откладывать решение вопросов, поставленных в “Пределах роста”, — иначе может быть слишком поздно, ибо деградация локальных подсистем биосферы уже получает импульс к необратимым изменениям.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Meadows D.H., Randers J., Meadows D.L., Behrens III W.W. The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. Universe Books, 1972.
2. Форрестер Дж. Мировая динамика. М.: Наука, 1978.
3. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й. За пределами роста: Предотвратить глобальную катастрофу. Обеспечить устойчивое будущее. М.: Прогресс; Пангея, 1994.
4. Медоуз Д.Х., Рандерс Й., Медоуз Д.Л. Пределы роста: 30 лет спустя. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013.
5. Randers J. 2052: A Global Forecast for the Next Forty Years. The Club of Rome, 2012.
6. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й., Беренс III В.В. Пределы роста. М.: Изд-во МГУ, 1991.
7. Mesarovic M., Pestel E. Mankind at the Turning Point. The Club of Rome, 1974.
8. Пестель Э. За пределами роста: Глобальные проблемы современности и деятельность международной организации Римского клуба. М.: Прогресс, 1989.
9. Вайцзеккер фон Э.У., Ловинс Э.Б., Ловинс Л.Х. Фактор четыре. Затрат — половина, отдача — двойная: Новый доклад Римскому клубу. М.: Academia, 2000.
10. Вайцзеккер фон Э.У., Харгроув К., Смит М. Фактор пять. Формула устойчивого роста: доклад Римскому клубу. М.: АСТ-Пресс, 2012.
11. Кинг А., Шнайдер Б. Первая глобальная революция. Доклад Римского клуба. М.: Прогресс, 1991.
12. Kuenkel P. Stewarding Sustainability Transformations: an Emerging Theory and Practice of SDG Implementation. The Club of Rome, 2019.



13. *Каница С.П.* Очерк теории роста человечества: демографическая революция и информационное общество. М.: Институт социально-экономических проблем народонаселения РАН, 2008.
14. The Circular Economy and Benefits for Society Jobs and Climate Clear Winners in an Economy Based on Renewable Energy and Resource Efficiency. The Club of Rome, 2017.
15. *Шумахер Э.* Малое прекрасно. Экономика, в которой люди имеют значение. М.: Изд. дом ВШЭ, 2012.
16. The Blue Economy. The Club of Rome, 2010.
17. *Berg C.* Sustainable Action: Overcoming the Barriers. The Club of Rome, 2019.
18. Reshaping the International / Co-ordinator J. Tinbergen. The Club of Rome, 1976.
19. Africa Beyond Famine. The Club of Rome, 1989.
20. Towards New Narratives of Hope for Fostering Transformative African Futures. The Club of Rome, 2021.
21. Goals for Mankind / General Editor E. Laszlo. The Club of Rome, 1977.
22. *Печчеи А.* Человеческие качества. М.: Прогресс, 1985.
23. *Weizsaecker von E., Wijkman A.* Come On! Capitalism and Short-termism, Population and the Destruction of the Planet. A Report to the Club of Rome, 2018.

## МИРОВОЙ РЫНОК ГАЗА: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

© 2022 г. Д. И. Кондратов

*Институт экономики РАН, Москва, Россия*

*E-mail: dmikondratov@yandex.ru*

Поступила в редакцию 13.08.2021 г.

После доработки 24.08.2021 г.

Принята к публикации 22.11.2021 г.

В статье анализируется текущее состояние мирового рынка природного газа, региональные аспекты его производства и потребления. Представлены прогнозы долгосрочного развития глобального рынка с особым акцентом на страны Восточной и Южной Азии, где, согласно долгосрочным прогнозам, спрос на газ к 2050 г. вырастет в 2 раза, до 1092.6 млн т нефтяного эквивалента. Экологические преимущества природного газа будут поддерживать, но не определять его роль на отдельных рынках, потому что перспективы использования газа в электроэнергетике определяются в первую очередь его ценой. Ожидается, что к 2050 г. Китай увеличит потребление почти на 350 млрд м<sup>3</sup>, до 661 млрд м<sup>3</sup>, что больше, чем сегодня используют страны Европейского союза и Ближнего Востока. Решения, уже принятые властями Китая, сыграют огромную роль в формировании мировых тенденций и могут стать катализатором перехода к “чистой” энергетике. Масштабы развёртывания возобновляемой энергетики в Китае и экспорта этих технологий подразумевают низкоуглеродный путь развития страны.

В период экономического замедления дисбаланс спроса и предложения на мировом углеводородном рынке ведёт его к дестабилизации. Чтобы заранее спрогнозировать такие ситуации, специалисты анализируют эволюцию энергетических рынков, рассматривая в своих прогнозах последствия и для России. Но практически все эксперты не готовы указать период в обозримом будущем пикового спроса на газ даже для крупнейших мировых экономик (за исключением Евросоюза и развитых стран Азии).

**Ключевые слова:** природный газ, долгосрочный прогноз развития энергетики, импорт и экспорт природного газа, СПГ.

DOI: 10.31857/S0869587322030045

**Добыча газа.** Природный газ — один из наиболее привлекательных и перспективных видов топлива [1], в прошедшие два десятилетия спрос на него рос в среднем на 2.3% в год [2], он активно завоёвывал новые рынки. Если в 2000 г. 74.1%

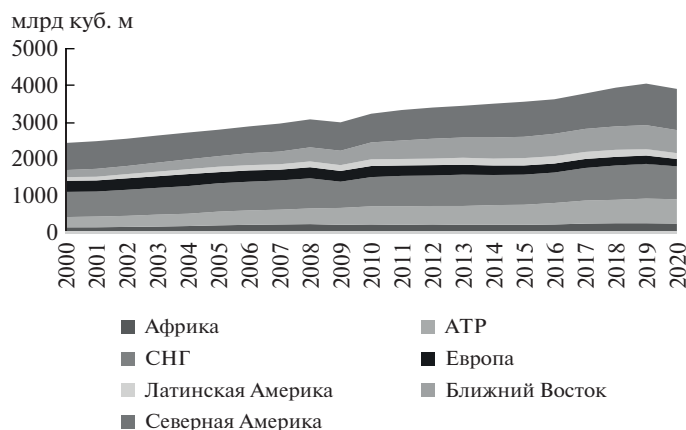
спроса приходилось на Северную Америку, Европу и СНГ, то в 2021 г., по оценкам, 43.4% — на другие регионы.

По данным компании IHS Markit, валовая добыча газа<sup>1</sup> в мире по итогам 2020 г. достигла 3882.4 млрд м<sup>3</sup> (–3.5% к уровню 2019 г.). Лидировала в газодобыче Северная Америка — 28.8% мирового объёма (1116.6 млрд м<sup>3</sup>). Доля Европы и стран бывшего СССР составила 28.2% (1094.8 млрд м<sup>3</sup>), Азиатско-Тихоокеанского региона — 17.1% (665.3 млрд м<sup>3</sup>), Ближнего Востока — 16.1% (624.2 млрд м<sup>3</sup>), Африки — 5.7% (221.9 млрд м<sup>3</sup>), Латинской Америки — 4.1% (159.6 млрд м<sup>3</sup>) (рис. 1, 2). Крупнейшим мировым производителем



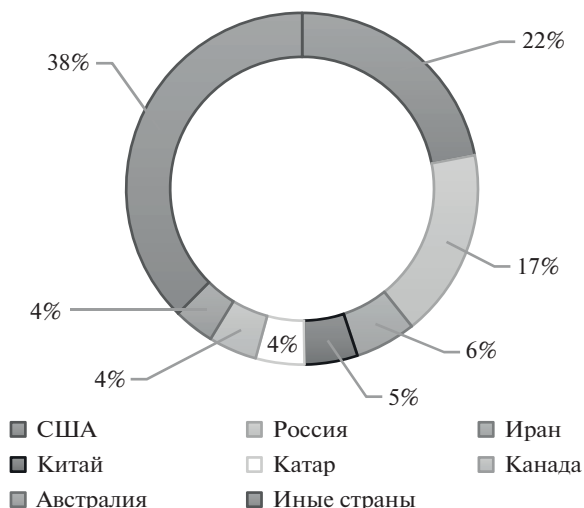
КОНДРАТОВ Дмитрий Игоревич — кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник Института экономики РАН.

<sup>1</sup> Использован коэффициент перевода 1 млрд куб. футов = 35.3 млрд м<sup>3</sup>.



**Рис. 1.** Региональная структура добычи газа, млрд м<sup>3</sup>  
Источники: [2].

лем газа в 2020 г. были США (около 854.0 млрд м<sup>3</sup>), ещё в 2012 г. сместившие Россию с первой строчки рейтинга. Резкий рост добычи в этой стране связан с опережающим увеличением доли сланцевого газа. В последние 12 лет США отказались от реализации ряда проектов угольных электростанций, предпочитая вкладывать инвестиции в газовые. Если в 2010 г. уголь обеспечивал здесь 45.8% всей генерации, то к 2021 г. этот показатель снизился до 25.1% при удвоении используемых объёмов газа, что позволило руководству страны проводить более жёсткую политику в области экологии. В этой связи напомним, что ещё в 2013 г. глава государства Б. Обама представил климатический план, согласно которому намечалось существенно снизить выбросы при генерации электроэнергии [3].



**Рис. 2.** Крупнейшие страны по объёмам добычи газа, 2020 г., %

Сланцевая революция, ставшая ключевым событием последнего десятилетия в газовой отрасли США и вызвавшая значительные изменения конъюнктуры мировых рынков, в настоящее время демонстрирует противоречивую динамику. На фоне сланцевых успехов у США открываются возможности для экспорта газа, однако последствия неоднозначны. С одной стороны, появится дополнительная прибыль и развитие отрасли не будет ограничиваться ёмкостью регионального рынка. С другой стороны, этот шаг может привести к ослаблению позиций отдельных секторов промышленности, особенно в условиях, когда цены на топливо у конкурентов могут снизиться за счёт американского экспорта.

К числу крупнейших производителей газа относится также Иран. В 2020 г. добыча здесь сократилась на 2.1% к уровню 2019 г. и составила 218.5 млрд м<sup>3</sup>, в основном за счёт ограничения внутреннего потребления (спрос на газ в стране в 2020 г. уменьшился на 0.7%, или на 1.6 млрд м<sup>3</sup>, до 203.9 млрд м<sup>3</sup>). Однако, по оценкам специалистов, наиболее существенный вклад в увеличение предложения природного газа в мире может оказать именно Иран благодаря месторождению Южный Парс, запасы которого составляют приблизительно 5% общемировых. Использование потенциала этого месторождения к 2030 г. может обеспечить более 50% объёма всего добываемого газа страны.

Экономические санкции, введённые против Ирана в конце 2011 г. США, странами Евросоюза и Совбезом ООН в ответ на отказ прекратить реализацию ядерной программы, сдерживали развитие газовой отрасли страны. Но в январе 2016 г., после выполнения обязательств по ядерной программе, ограничения сняли. Был снят запрет на экспорт продукции, обеспечена возможность привлечения в отрасль иностранных компаний

с высоким технологическим, управленческим и финансовым капиталом, что, по мнению специалистов, окажет влияние на динамику добычи природного газа в Иране. К 2050 г., согласно базовому сценарию компании IHS Markit [4], она может увеличиться в 1.4 раза, до 312.6 млрд м<sup>3</sup>. Цена безубыточности новых месторождений Ирана находится ниже отметки в 50 долл. за 1 тыс. м<sup>3</sup>, что в сочетании с выгодным географическим положением страны делает иранский газ конкурентоспособным как на европейском, так и на азиатском рынке.

Одним из ведущих производителей газа на Ближнем Востоке в 2020 г. оставался Катар, который, по оценкам компании IHS Markit и Международного энергетического агентства (МЭА) [5], нарастил добычу до 174 млрд м<sup>3</sup> (в 2019 г. — 167.6 млрд м<sup>3</sup>) с целью покрыть расширяющееся внутреннее потребление. Рост может существенно ускориться в связи со снятием в 2018 г. моратория на запуск новых проектов на месторождении Северное — одном из крупнейших в мире. К тому же есть серьёзные основания предполагать, что к 2023 г. будут открыты новые месторождения. По оценкам МЭА, добыча природного газа в Катаре к 2040 г. может превысить 300.0 млрд м<sup>3</sup>. Планируется расширение производственных мощностей по сжижению газа на фоне усиливающейся конкурентной борьбы на мировом рынке, где наибольшую опасность для Катара представляют проекты Австралии и США. Следует отметить, что цена безубыточности месторождений находится в среднем на уровне 45 долл. за 1 тыс. м<sup>3</sup>, что даже с учётом сжижения и транспорта делает катарский газ конкурентоспособным [6].

В последние годы остаётся стабильным производство газа в Канаде (168–174 млрд м<sup>3</sup>). Поддерживается на высоком уровне добыча газа в Норвегии (около 122 млрд м<sup>3</sup> в 2020 г.). В список крупнейших мировых производителей газа входят также Саудовская Аравия, Алжир, Малайзия, Индонезия.

Большие перспективы по увеличению производства газа имеет Австралия (145.9 млрд м<sup>3</sup> в 2020 г.). Сегодня практически весь этот объём приходится на шельфовое месторождение Карнарвон [7], но по мере ввода в эксплуатацию и выхода на проектную мощность других шельфовых месторождений, а также начала извлечения метана угольных пластов в бассейне Сурат-Бовен общая добыча газа к 2040 г. может превысить 160 млрд м<sup>3</sup>. Однако следует обратить внимание на то, что большинство австралийских проектов ориентировано на экспорт сжиженного природного газа (СПГ), и этот фактор обуславливает заинтересованность Австралии в сохранении высоких цен на целевом для неё азиатском газовом рынке.

Новым важным регионом газодобычи может стать Африка. Если по состоянию на начало 2021 г. общее производство газа странами региона составляло 221.9 млрд м<sup>3</sup> (около 5.7% мировой добычи) и практически не влияло на совокупное предложение, то при благоприятных обстоятельствах к 2050 г. оно может превысить 498 млрд м<sup>3</sup>. Основной вклад в этот рост должны внести месторождения бассейна Ровума в Мозамбике, а также шельфовые Танзании и сланцевые Южно-Африканской Республики — в совокупности около 95% добычи региона. Ввиду низкого внутреннего спроса газовые проекты Мозамбика и Танзании ориентированы в основном на экспорт СПГ на азиатский рынок, где им придётся столкнуться с высокой конкуренцией со стороны Катара и Австралии. По ожиданиям руководства Мозамбика и Танзании, первые объёмы СПГ могут поступить на рынок в 2022 г., но отраслевые эксперты считают такую возможность малореалистичной. Учитывая, что цена безубыточности шельфовых проектов двух восточноафриканских стран довольно высокая, достижение потенциальных объёмов газодобычи станет для них непростой задачей. Нельзя сбрасывать со счетов и политические риски: несмотря на то что на данный момент ситуация в этих странах стабильна, высокий уровень инфляции и безработицы может стать причиной социальных потрясений уже в ближайшем будущем, в особенности после 2024 г., когда в Мозамбике и Танзании начнётся новый политический цикл и пройдут выборы.

Сланцевые проекты ЮАР ориентированы на внутренний рынок, спрос на котором довольно высок, что повышает шансы достижения потенциально возможных объёмов добычи. Препятствием же на пути к этому могут стать возможные технологические и экологические сложности в ходе реализации проектов по добыче сланцевого газа.

Обратимся к Центральной Азии. Существенный прирост добычи природного газа к 2040 г. может быть достигнут в Туркменистане (в 2020 г. производство составило 60.5 млрд м<sup>3</sup>). Основные надежды связаны с группой месторождений Южный Иолотань, Осман, Минара, которые в 2011 г. были объединены в одно гигантское месторождение Галканыш для более эффективного их использования. Согласно аудиту британской компании Gaffney, Cline & Associates, начальные геологические запасы составляют более 26 трлн м<sup>3</sup>, а в перспективе, по мере более детального изучения зоны залегания пластов, оценка может быть скорректирована в сторону повышения. При подтверждении достоверности этих цифр Галканыш станет вторым в мире по объёмам запасов после разрабатываемого совместно Ираном и Катаром месторождения Южный Парс Северное. За счёт

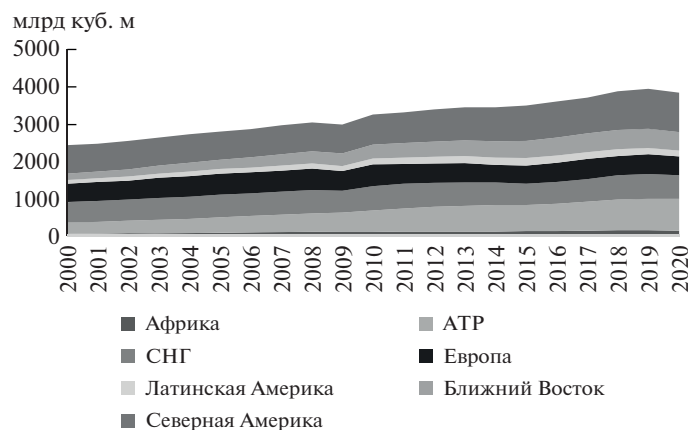


Рис. 3. Региональная структура спроса на газ, млрд м<sup>3</sup>  
Источники: [2, 7].

более интенсивной разработки месторождения Галканыш страна может обеспечить рост производства газа к 2050 г до 110 млрд м<sup>3</sup>, экспорт — до 82.9 млрд м<sup>3</sup>. Туркменистан обладает немалым потенциалом для увеличения добычи газа ещё и на шельфе западной части страны, его разработка уже вошла в активную фазу.

**Газовые гидраты.** Цены на газ, как и на нефтепродукты, в различных регионах мира существенно разнятся, что объясняется системой регулирования цен на эти углеводороды. Экономическая привлекательность использования газа, как и любого другого источника энергии, обуславливается двумя составляющими: ценой и объёмами потребления. В этой связи одним из наиболее перспективных видов энергоресурсов, способных изменить в долгосрочной перспективе энергетические и торговые балансы многих стран, могут стать газовые гидраты — молекулы газа, заклю-

чённые в оболочку из молекул воды. Основные их ресурсы сосредоточены в морских донных отложениях и в районах вечной мерзлоты. Согласно предварительным оценкам, запасы газогидратов на планете составляют 54% всех запасов газа. Исследования газовых гидратов ведут США, Канада, Китай, Норвегия, Германия, Франция, Индия, Республика Корея, Россия, но наиболее активно — Япония, которая уже приступила к их экспериментальной добыче.

Разработка газогидратных месторождений сопряжена с решением сложной научно-технической проблемы, заключающейся в том, что газогидраты стабильны только на глубине в условиях высокого давления, при бурении метан их покидает и уходит в атмосферу. В ближайшие два десятилетия отраслевые эксперты не ожидают появления экономически эффективной промышленной технологии добычи газогидратов. Тем не менее японская компания Japan Oil, Gas & Metals National Corp. заявила ещё в 2013 г. о начале пробной разработки подводного газогидратного месторождения и получения из него газа, а также о планах создать пригодную для промышленного использования технологию к 2023 г. Безопасная и эффективная добыча газогидратов в случае успешного решения этой проблемы обещает стать новым технологическим прорывом в мировой энергетике.

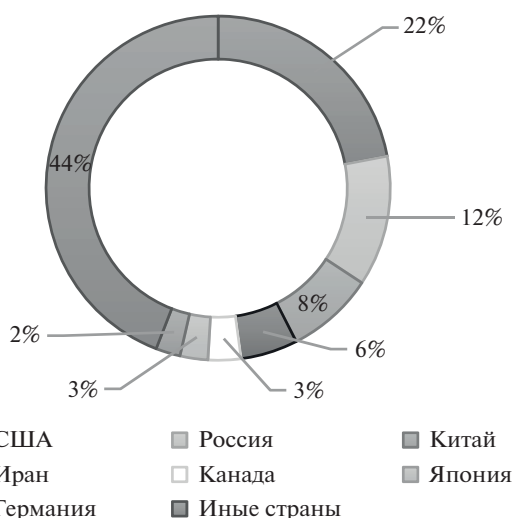
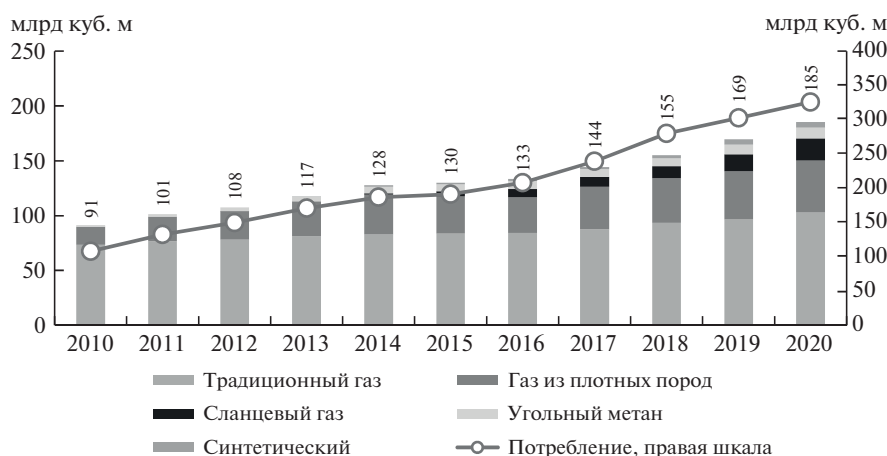


Рис. 4. Крупнейшие страны по потреблению газа, 2020 г., %

**Потребление газа.** По оценкам компании IHS Markit (рис. 3, 4), потребление газа в мире по итогам 2020 г. [2] составило 3808 млрд м<sup>3</sup> (–2.7% к уровню 2019 г.). Европа и страны бывшего СССР обеспечили 29.5% мирового потребления (1123.3 млрд м<sup>3</sup>), Северная Америка — 27.3% (1039.6 млрд м<sup>3</sup>), АТР — 22.2% (845.4 млрд м<sup>3</sup>), Ближний Восток — 13.1% (500.3 млрд м<sup>3</sup>), Латинская Америка — 4.1% (154 млрд м<sup>3</sup>), Африка — 3.8% (145.3 млрд м<sup>3</sup>).



**Рис. 5.** Структура добычи газа в Китае и его потребление, млрд м<sup>3</sup>  
 Источники: [5, 9].

Крупнейшим потребителем газа в 2020 г. были США (838.4 млрд м<sup>3</sup>). С 2009 г. его использование в стране возросло на 34.5%, что обусловлено снижением цен на внутреннем рынке из-за роста добычи сланцевого газа. Потребление газа в России [8] в последние годы стагнирует и в 2020 г. составило 460.5 млрд м<sup>3</sup>. Продолжает наращивание поставок на внутренний рынок Иран (рост потребления с 2004 по 2020 гг. — 123%, до 203.9 млрд м<sup>3</sup>), чему способствует реализация программ газификации страны и возрастающие потребности в электроэнергии. В Китае резкий рост (в 7.1 раза с 2005 по 2020 гг.) обусловлен вводом и расширением добычных и импортных мощностей. В Японии увеличение спроса на газ в 2012–2020 гг. было вызвано временным выводом из эксплуатации АЭС. К настоящему времени в Китае, Японии, Республике Корея и Индии сложилась некая неопределённость в отношении спроса на газ. В Японии это связано с проблемами развития атомной энергетики, в Китае — с экологией, в Республике Корея — с взаимоотношениями с КНДР, в Индии — с взаимоотношениями с Китаем. Текущее состояние газового рынка азиатских стран, его перспективы на ближайшие десятилетия подробнее рассмотрим ниже.

**Китай.** За последние десять лет спрос на первичную энергию в Китае в связи с экономическим ростом резко вырос. По прогнозу международных энергетических и консалтинговых компаний эта тенденция сохранится.

До 1993 г. Китай был чистым экспортёром нефти, однако в настоящее время страна импортирует около 50% от общего объёма её потребления. Несмотря на большой интерес к развитию нефтедобывающей промышленности, основные надежды власти КНР возлагают на газ. Страна обладает потенциальными запасами традиционного

природного газа, угольного метана и сланцевого газа. По состоянию на конец 2020 г. [8] доказанные запасы газа в Китае составляли 8.4 трлн м<sup>3</sup> (4.5% мировых), основные из них сосредоточены в провинциях Сычуань (Сычуаньский бассейн), Шэньси (бассейн Ордос), Цинхай (бассейн Кайдам) и Синьцзян-Уйгурском автономном районе (Таримский и Джунгарский бассейны). Запасы газа на шельфе Южно-Китайского моря (бассейн Ингехай, комплекс Панью) оцениваются в 1–2 трлн м<sup>3</sup>, на шельфе Восточно-Китайского моря (блоки Бокси и Бонан) — свыше 150 млрд м<sup>3</sup>. До настоящего времени остаются неурегулированными территориальные споры с Вьетнамом, Индонезией, Малайзией, Филиппинами и Брунеем в акватории Южно-Китайского моря, а также с Японией в акватории Восточно-Китайского моря.

Запасы метана угольных пластов бассейнов Циньшуй и Ордос (восточная часть), контролируемые Китайской национальной нефтегазовой корпорацией (CNPC), по итогам проведённых в 2012 г. геологоразведочных работ превысили 200 млрд м<sup>3</sup>. В этой области действует ряд совместных с зарубежными нефтегазовыми компаниями предприятий. По оценкам МЭА, извлекаемые запасы сланцевого газа в Китае составляют 31.2 трлн м<sup>3</sup>, что ставит страну на первое место по этому показателю в мире.

Газовая промышленность в Китае долгое время развивалась довольно медленно. В 1990 г. добыча природного газа составила, по данным [5], 15.3 млрд м<sup>3</sup>. В связи с замедлением производства нефти и угля интерес к газовой отрасли возрос, производство начало расти ускоренными темпами, и к 2010 г. его уровень поднялся до 91.5 млрд м<sup>3</sup>. В 2020 г. в Китае было добыто, по данным [9], 185.4 млрд м<sup>3</sup> газа (+9.4% к 2019 г.) (рис. 5).



Потребление голубого топлива стремительно росло до последнего времени, хотя, как отмечают специалисты, признаки замедления обозначились ещё в 2014 г. В 2020 г. потребление природного газа в Китае [9] составило 325.5 млрд м<sup>3</sup>, на 7.6% превысив уровень 2019 г. Ключевым фактором роста потребления стало исполнение государственных программ экологической направленности. В одной из них под названием “Битва за голубое небо” была поставлена цель к отопительному сезону 2020 г. перевести более 7 млн домохозяйств на севере Китая с угля на “чистые” источники энергии, в том числе природный газ [6]. Обеспеченность внутреннего потребления собственной добычей составила 56.9%. В структуре использования первичных энергоресурсов доля природного газа остаётся незначительной и составляет всего 7.9% [10].<sup>2</sup> В том же 2020 г., согласно данным компании IHS Markit со ссылкой на Главное таможенное управление КНР, страна импортировала 140.2 млрд м<sup>3</sup> газа, в том числе СПГ — 92.6 млрд м<sup>3</sup> (67.1 млн т) и трубопроводного — 47.6 млрд м<sup>3</sup> (34.5 млн т). Поставки трубопроводного газа в Китай производятся из Туркменистана [9], Узбекистана и Казахстана по магистральному газопроводу “Центральная Азия—Китай” (суммарно 39.3 млрд м<sup>3</sup> в 2020 г.). С 2013 г. начались поставки из Мьянмы [11] по газопроводу “Мьянма—Китай” (о. Рамри—Куньмин) пропускной способностью 13 млрд м<sup>3</sup> в год (в 2020 г. — 4.2 млрд м<sup>3</sup>). В 2019 г. начаты поставки российского трубопроводного газа по магистральной системе “Сила Сибири” (в 2020 г. — 4.1 млрд м<sup>3</sup>).

В 2020 г. поставки СПГ в Китай производились из 24 стран [9], однако 89.0% импорта сжиженного газа обеспечивалось семью странами: Австралией — 40.1 млрд м<sup>3</sup> (43.3% общего объёма), Катаром — 11.3 млрд м<sup>3</sup> (12.2%), Малайзией — 8.4 млрд м<sup>3</sup> (9.1%), Индонезией — 7.1 млрд м<sup>3</sup> (7.6%), Россией — 7.0 млрд м<sup>3</sup> (7.6%), США — 4.4 млрд м<sup>3</sup> (4.8%) и Папуа—Новой Гвинеей — 4.2 млрд м<sup>3</sup> (4.5%). После расширения Панамского канала поставки газа из Северной Америки на рынки Китая, Японии и Южной Кореи подешевели, что сделало американское топливо в регионе конкурентоспособным, к тому же транспортные расходы в себестоимости СПГ занимают меньшую долю, чем затраты на добычу и сжижение.

В последнее время западные корпорации предлагают Китаю свои технологии добычи сланцевого газа [12], которая в 2020 г. находилась на уровне 20.15 млрд м<sup>3</sup> (10.9% к общему производ-

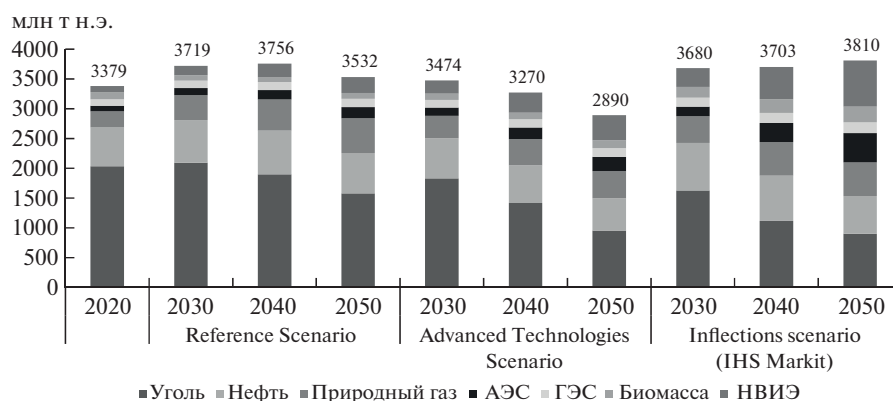
ству газа в стране). Специалисты отмечают, что для извлечения газа из сланцевых пород путём гидроразрыва пласта необходимо большое количество воды, а в КНР с ней проблемы. Из-за загрязнения промышленными отходами уже более половины водных ресурсов страны стали непригодными для питья, а треть — для промышленности. При добыче сланцевого газа в используемую для гидроразрывов воду добавляют специальные химические растворы, вызывающие загрязнение грунтовых вод. Для КНР такой вариант не может быть оптимальным. Ещё одна проблема добычи газа из сланцев заключается в том, что этот способ извлечения может спровоцировать землетрясения. В КНР и так нередко сильные подземные толчки, приводящие к многочисленным разрушениям и человеческим жертвам. Кроме того, себестоимость сланцевого газа гораздо выше, чем традиционного.

Реформа цен на газ в КНР и снижение мировых цен на углеводородное сырьё замедлили повышение спроса на импортируемый газ и подтолкнули к максимально возможному наращиванию внутреннего производства природного ресурса, в том числе угольного метана (около 9.9 млрд м<sup>3</sup> в 2020 г.). Общий его объём в Китае, по оценкам специалистов, составляет 10.8 трлн м<sup>3</sup>.

В Китае действуют три протяжённых магистральных газопровода, преобладают же разобщённые трубопроводы небольшой длины, соединяющие места добычи с ближайшими потребителями природного газа. Однако перспектива увеличения потребления углеводородного сырья предполагает сооружение новых крупных магистральных трубопроводов. Согласно базовому прогнозу компании CNPC и 14-му пятилетнему плану КНР (2021–2025 гг.) потребление газа в стране к 2025 г. достигнет 429 млрд м<sup>3</sup>, а к 2030 г. — 585 млрд м<sup>3</sup>. Специалисты Института экономики энергетики Японии [13] и иные международные организации и консалтинговые учреждения [10, 14, 15] также прогнозируют достаточно высокие темпы роста спроса на газ в Китае: с 2020 г. по 2030 г. они составят в среднем 4.8% в год, снижаясь до 1.2% в 2030–2050 гг. (в базовом сценарии). Потребление газа, согласно прогнозу, вырастет с 326 млрд м<sup>3</sup> в 2020 г. до 522 млрд м<sup>3</sup> в 2030 г. и до 661 млрд м<sup>3</sup> в 2050 г., а его доля в суммарном энергопотреблении страны возрастёт к 2050 г. до 16.5% в базовом варианте (14.8%, по прогнозу компании IHS Markit) и 15.6% — в альтернативном (рис. 6).

Повышение спроса на газ вызвано прежде всего загрязнением воздуха при переработке угля, что уже привело к экологическим катастрофам в некоторых китайских городах. КНР — мировой лидер по объёму сжигания угля, который здесь останется основным источником первичной

<sup>2</sup> Согласно плану развития газовой отрасли КНР, к 2025 г. общее потребление природного газа должно достичь 443.2 млрд м<sup>3</sup>, а его доля в структуре энергопотребления превысить 9%.



**Рис. 6.** Прогноз потребления первичной энергии в Китае, млн т н.э.  
Источники: [10, 13].

энергии до 2050 г. Один из приоритетов 14-й пятилетки Китая — использование высокоэффективных технологий “чистого” угля, общие запасы которого в стране составляют около 1 трлн т, а разведанные — 115 млрд т. В этой связи увеличение потребления газа в Китае будет сопровождаться стабильным спросом на уголь в объеме 1578 млн т н.э. к 2050 г. (по данным Института экономики энергетики Японии). Кроме того, Китай активно развивает возобновляемую энергетику и в 2020 г., по данным Международного энергетического агентства, потратил на неё около 2.5 трлн юаней. Быстрыми темпами развивается и атомная энергетика — намечено увеличение общей мощности атомных блоков с нынешних 50 ГВт до 252 ГВт в 2050 г. По оценкам IHS Markit, к 2050 г. на КНР будет приходиться 50.7% мирового производства электроэнергии, вырабатываемой АЭС, в то время как в 2020 г. этот показатель не превышал 13.6% [10].

**Япония.** В 2011 г. топливно-энергетическому комплексу Японии был нанесён серьёзный ущерб аварией на атомной электростанции “Фукусима-1”, за ней последовала остановка и других АЭС [12]. Эти события поставили под сомнение возможность реализации долгосрочных планов энергетического развития Японии как третьей экономики мира (после Китая и США по номинальному ВВП). Вследствие трагического инцидента энергетические компании были вынуждены максимально загрузить тепловые электростанции СПГ и мазутом, а также увеличить угольную генерацию. После того как возвращение к переработке угля было признано стратегически правильным решением, Япония в 2013 г. смягчила прежние требования, касающиеся снижения выбросов CO<sub>2</sub> и одобрила планы строительства новых угольных электростанций. В 2020 г. в структуре первичного потребления энергии [10] Японии преобладали нефть (40.0%) и уголь (26.7%). В этой

связи правительство поставило задачу к 2050 г. снизить указанные показатели на 41.7% и 51.9%, до 92.3 и 51.9 млн т н.э. соответственно, за счёт увеличения удельного веса возобновляемых источников энергии и частично газа. В условиях неопределённости перспектив развития АЭС, сокращения абсолютного потребления нефти и угля спрос на энергию можно сбалансировать только за счёт расширения использования природного газа.

Япония использует в основном СПГ. Лишь незначительный объём — около 2.2% (2.3 млрд м<sup>3</sup> в 2020 г., по данным Института экономики энергетики Японии) общего потребления [16] — добывается внутри страны. Являясь крупнейшим в мире импортёром СПГ, Япония в 2020 г. уменьшила поставки на 3.1%, до 106.7 млрд м<sup>3</sup> (74.9 млн т) [17]. В связи с падением цен на топливно-энергетические товары в денежном выражении расходы на импорт СПГ снизились на 24.7% (–9.9 млрд долл.), до 30.1 млрд долл. По данным IHS Markit со ссылкой на Институт экономики энергетики Японии, в 2020 г. крупнейшими поставщиками СПГ в Японию являлись Австралия — 29.2 млн т (39.0% импорта), Малайзия — 10.6 млн т (14.1%), Катар — 8.9 млн т (11.8%), Россия — 6.1 млн т (8.2%), США — 4.8 млн т (6.4%), Бруней — 3.9 млн т (5.2%) и Папуа–Новая Гвинея — 3.5 млн т (4.7%). Япония занимает первое место в мире по суммарным мощностям регазификационных СПГ-терминалов [18]. По состоянию на май 2021 г. в стране функционировало 54 СПГ-терминала суммарной мощностью 210 млн т в год (включая “вторичные”, осуществляющие заправку японских судов).

В настоящее время Японии хватаеткупаемых объёмов газа, однако перед кабинетом министров стоит задача диверсификации поставок — из стран Ближнего Востока, по данным Института экономики энергетики Японии, поступает

около 16.5% общего импорта СПГ, а нестабильность и военные конфликты в этом регионе вызывают серьёзные опасения у японского правительства. Что касается новых источников поставок СПГ, то речь идёт прежде всего о контрактах, подписанных с американскими его производителями: компании Mitsui, Mitsubishi, Chubu Electric, Osaka Gas заключили соглашения на поставку из США газа в объёме 17 млн т в год. Для того чтобы в минимальной степени зависеть от внутриамериканских цен на газ, японские импортёры предусмотрительно направляют инвестиции в строительство заводов по производству СПГ и в добычу газа на территории США.

Восстановление экономической активности, холодная погода и замедление ввода в эксплуатацию ядерных реакторов<sup>3</sup> привели к тому, что в начале 2021 г. спрос на газ в Японии был максимальным за последние несколько лет. По данным [17], его потребление в январе 2021 г. выросло (по отношению к аналогичному периоду прошлого года) на 10.5%, до 11.83 млрд м<sup>3</sup>. Вместе с тем специалисты [13] прогнозируют снижение потребления природного газа к 2030 г. до 107 млрд м<sup>3</sup>, к 2050 г. — до 89 млрд м<sup>3</sup>. При этом эксперты Международного энергетического агентства отмечают, что на динамику спроса на СПГ большое влияние может оказать ввод в эксплуатацию к 2030 г. 30 ядерных реакторов.

В 2015 г. Министерство экономики, торговли и промышленности Японии приняло новую редакцию Долгосрочного прогноза энергоснабжения страны до 2030 г. В нём представлена структура перспективного энергобаланса и электрогенерации. Согласно документу, на газовую генерацию будет приходиться порядка 27%, угольную — 26%, ядерную — 20–22%, возобновляемые источники энергии — 22–24% (в том числе на гидроэнергетику — 8.8–9.2%), нефть и нефтепродукты — 3% [18].

В целях решения проблемы энергетической безопасности особое внимание в настоящее время уделяется возможности разработки месторождений гидрата метана — альтернативного вида сырья для получения топлива. Специалисты полагают, что запасов газа на морском дне хватит Японии на 100 лет потребления, но извлечение метана из гидратов с глубины более 1 тыс. м стоит

дорого и сложно технологически. Согласно расчётам экспертов, стоимость топлива, производимого из гидрата метана, составит 50 долл. за баррель (в нефтяном эквиваленте), поэтому предполагается, что при крупномасштабной промышленной добыче газогидратов получаемое топливо будет конкурентоспособным.

**Республика Корея.** Извлекаемые запасы природного газа в Республике Корея составляют 5–6 млрд м<sup>3</sup> и сосредоточены в пределах открытого в 1998 г. газоконденсатного месторождения Тонхе, расположенного на шельфе Японского моря. В июле 2004 г. компания “Korea National Oil Corporation” (“KNOC”) приступила к его коммерческой разработке, а в июле 2016 г. началась тестовая добыча на месторождении Тонхе-2. В 2020 г. общий объём добычи газа в стране составил всего 184 млн м<sup>3</sup> (–23.2% к 2019 г.), что соответствует 0.4% объёма внутреннего потребления. Добываемый газ по подводному трубопроводу протяжённостью 68 км транспортируется на сушу, где производится его очистка и подача в систему газоснабжения страны. Южная Корея не располагает промышленными запасами нефтяного сырья<sup>4</sup> и не ведёт добычу на своей территории, что обуславливает значительный интерес южнокорейских компаний к реализации соответствующих проектов за рубежом.

Республика Корея занимает четвёртое место в мире по объёмам импортируемой нефти (включая газовый конденсат) после Китая, США и Индии, третье после Японии и Китая по импорту сжиженного природного газа. Физические объёмы поставок СПГ в страну в 2020 г., по данным различных источников, разнятся. В настоящей статье в целях анализа используются данные IHS Markit [19], согласно которым в 2020 г. объём импорта составил 58.4 млрд м<sup>3</sup> (+0.8% к 2019 г.), или 40.8 млн т. В числе крупнейших поставщиков были Катар — 9.2 млн т (22.5% общего объёма импорта СПГ), Австралия — 8.4 млн т (20.5%), США — 5.9 млн т (14.5%), Малайзия — 5.0 млн т (12.3%), Оман — 4.0 млн т (9.7%). Регазификацию обеспечивают семь СПГ-терминалов суммарной мощностью 106.0 млн т [20]. Природный газ позволяет снабжать экологически чистой энергией немалый ряд предприятий и сегментов транспортной системы страны. По итогам 2020 г. в Республике Корея [10] было потреблено 51.8 млрд м<sup>3</sup> природного газа (+0.9% к 2019 г.).

Рассматривая энергетический баланс страны в целом, необходимо отметить, что в 2020 г. основной первичного потребления энергии являлись нефть (42.7%), уголь (23.2%) и природный газ

<sup>3</sup> К маю 2012 все блоки АЭС на территории Японии были остановлены для проверки безопасности. В июле 2012 г. запущены 2 блока на АЭС “Охи”, однако в сентябре 2013 г. они снова были остановлены. В течение 2014 г. в Японии не функционировал ни один атомный энергоблок. В августе 2015 г. был запущен 1-й, а в октябре 2-й энергоблок АЭС “Сендай”. В сентябре 2016 г. запущен в эксплуатацию 3-й блок АЭС “Иката”. В мае–июне 2017 г. введены в эксплуатацию 3-й и 4-й блоки АЭС “Такахама”. В марте–апреле 2018 г. запущены 3-й блок АЭС “Генкай” и 3-й блок АЭС “Охи”. В июне 2018 г. введён в эксплуатацию 4-й блок АЭС “Генкай”, в июне 2021 г. — 3-й блок АЭС “Михама”.

<sup>4</sup> Доказанные запасы нефтяного сырья Республики Корея незначительны (около 350 тыс. т) и сосредоточены на шельфе Японского моря.

(16.4%) [10]. Предполагается их доминирование не только в среднесрочной, но и в долгосрочной перспективе, причём самыми быстрыми темпами будет расти спрос на природный газ, доля которого, по некоторым оценкам, к 2030 г. вырастет на 2.0 п.п., до 18.4% (по данным IHS Markit).

В результате ускоренного строительства атомных электростанций Республика Корея в 2020 г. вышла на пятое место в мире по выработке электроэнергии на АЭС (после США, Китая, Франции и России) и на шестое — по установленным мощностям (после США, Франции, Китая, Японии и России) [10]. Ожидается, что электрогенерация на АЭС к 2024 г. вырастет на 29%, до 205 млрд кВт ч, а затем будет постепенно снижаться. Одновременно с поддержкой атомной отрасли правительство субсидирует газовую генерацию и уделяет внимание развитию возобновляемых источников энергии.

**Индия.** Нефтегазовый сектор играет важную роль в экономике Индии. Она входит в число 10 крупнейших потребителей электроэнергии в мире. Эксперты IHS Markit (прогноз от июля 2021 г.) полагают, что по приросту потребления энергоносителей к 2050 г. Индия выйдет на первое место в мире (около 27.9%, в том числе на нефть придётся 82.1%, газ — 7.3%).

По данным энергетического концерна BP, на конец 2020 г. Индия располагала 10.3% мировых запасов угля, 0.3% — нефти, 0.7% — газа [21]. Природный газ (объёмы доказанных запасов — 1.3 трлн м<sup>3</sup>, 21 место в мире) становится в стране всё более предпочтительным топливом в силу своей экологической и экономической привлекательности, поэтому повышенное внимание в энергетической политике уделяется именно газовому сектору. Разведанные запасы природного газа в Индии оцениваются в 1 трлн м<sup>3</sup> и сосредоточены преимущественно на шельфовых месторождениях вдоль западного побережья в районе Бомбейского свода и восточного побережья штата Андхра Прадеш, а также на северо-востоке страны в штате Ассам. В 2020 г. в Индии было добыто 28.7 млрд м<sup>3</sup> природного газа, тогда как текущий спрос превышает добычу почти в 2.4 раза. Необходимость в топливе постоянно растёт и, по оценкам экспертов, при текущем уровне добычи разведанных запасов природного газа Индии хватит не более чем на 30 лет.

Отвлекаясь от основной темы, отмечу, что, несмотря на наличие запасов в Индии собственного газа, его активное использование в промышленных целях, по прогнозам ведущих консалтинговых и научных организаций, не ожидается, так как в настоящее время осуществляется масштабная добыча и переработка угля. Хотя, например, в других азиатских странах (прежде всего в Китае и Японии) в силу возрастающих экологических

ограничений и политики диверсификации потребления первичной энергии спрос на уголь будет снижаться. Уголь — единственный энергоноситель, имеющийся в стране в достаточном количестве. По данным Министерства угольной промышленности Индии<sup>5</sup>, доступные для разработки запасы каменного угля на 1 апреля 2018 г. оценивались в 319.02 млрд т, в том числе подтверждённые — 148.79 млрд т, предполагаемые — 139.16 млрд т.

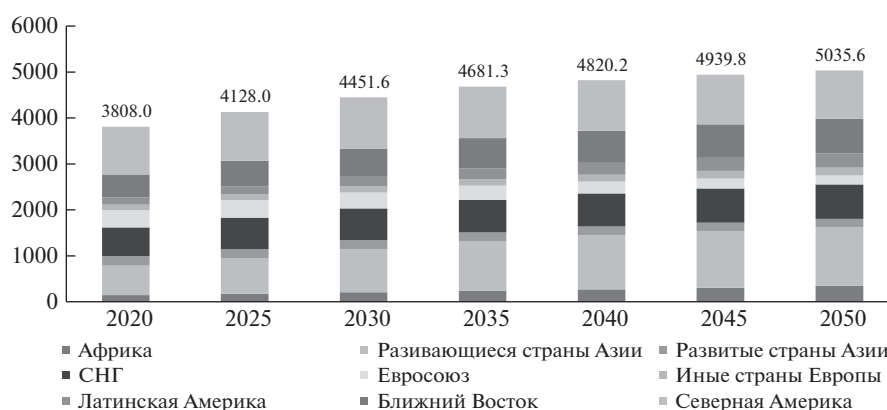
В Индии динамично развивается рынок потребления сжиженного нефтяного газа (LPG) — сжиженного пропана и бутана, вырабатываемого из нефти и природного газа и используемого в бытовых целях, а также в качестве автомобильного топлива. Спрос на LPG возрастает, и правительство страны изучает возможность строительства стратегических хранилищ LPG.

Оценочные запасы метана угольных пластов, сосредоточенные в 11 штатах, по состоянию на апрель 2020 г., составляли 2.6 трлн м<sup>3</sup>. Извлекаемые запасы — 126.5 млрд м<sup>3</sup>, разведка и разработка осуществляются в штатах Мадхья-Прадеш, Западная Бенгалия и Джаркханд.

Растущий спрос на электроэнергию вынудил власти Индии в начале 2000-х годов начать импорт газа. Весь его объём ввозится в виде СПГ. В 2020 г. поставки осуществлялись из 18 стран, всего было импортировано 37.4 млрд м<sup>3</sup>, но основная доля (39.5%) поступила из Катара [22].

В настоящее время рассматривается возможность реализации двух крупных проектов транспортировки трубопроводного газа на территорию Индии: “Туркменистан—Афганистан—Пакистан—Индия” (“ТАПИ”) и “Мьянма—Бангладеш—Индия”. Предполагается, что газопровод “ТАПИ” соединит добычные мощности месторождения Галкыныш на юге Туркменистана транзитом через Афганистан (Герат, Кандагар) с рынками Пакистана (Кветта, Мултан) и Индии (выход на территорию страны в г. Фазилка на границе с Пакистаном). Проектная мощность газопровода составит 33 млрд м<sup>3</sup> в год; протяжённость — 1814 км (из них по территории Туркменистана — 214 км, Афганистана — 774 км, Пакистана — 826 км). Маршрут, сроки строительства и инвесторы проекта “Мьянма—Бангладеш—Индия” пока не определены. До 2010 г. рассматривалась также возможность строительства газопровода “Иран—Пакистан—Индия”, однако в июне 2010 г. Индия вышла из проекта. В 2020 г. переговоры возобновились.

<sup>5</sup> Данные отличаются от иных источников информации. По данным компании BP plc, на конец 2020 г. подтверждённые запасы угля составляли 111.1 млрд т, в том числе коксующегося — 5.1 млрд т, энергетического — 106.0 млрд т. По объёму запасов Индия занимает пятое место в мире, а по объёму добычи — второе после Китая.



**Рис. 7.** Прогноз мирового потребления газа (базовый сценарий), млрд м<sup>3</sup>  
 Источник: [10].

**Прогноз мирового потребления газа.** Согласно базовому варианту прогноза экспертов IHS Markit от июля 2021 г., ожидается, что темпы роста спроса на газ до 2050 г. составят в среднем 0.9% в год (рис. 7), мировой спрос на голубое топливо вырастет более чем на 32.2% по сравнению с 2020 г. и достигнет 5035.6 млрд м<sup>3</sup>. Ближайшие 30 лет, по мнению исследователей, станут “эрой газа”, но не во всех регионах мира.

Рост спроса на газ в развивающихся странах, то есть не входящих в Организацию экономического сотрудничества и развития, будет обусловлен увеличением потребления электроэнергии. Ожидается, что потребление газа в промышленности этих стран до 2050 г. будет расти быстрыми темпами одновременно с развитием соответствующих отраслей экономики. К середине века спрос развивающихся стран, согласно расчётам специалистов, вырастет на 65.4%. Экологические преимущества газа будут поддерживать, но не определять его роль на отдельных рынках, потому что перспективы газа в электроэнергетике определяются его ценой.

Основной прирост спроса на газ ожидается в развивающихся странах Азии, доля потребляемого ими объёма, по мнению экспертов, вырастет в мировом масштабе с 16.9% в 2020 г. до 25.4% в 2050 г. Ожидается, что к 2050 г. Китай, как упоминалось, увеличит потребление на 350 млрд м<sup>3</sup> (до 661 млрд м<sup>3</sup>), это больше, чем сейчас используют такие крупнейшие газовые рынки, как страны Европейского союза и Россия, обеспечивая 13.1% мирового потребления и занимая второе место после США по ёмкости газового рынка. Значительный рост потребления демонстрируют и другие развивающиеся страны Азии, а также Ближний Восток, где, как предполагается, спрос вырастет на 51.4%, а в Африке к 2050 г. — в 2.4 раза.

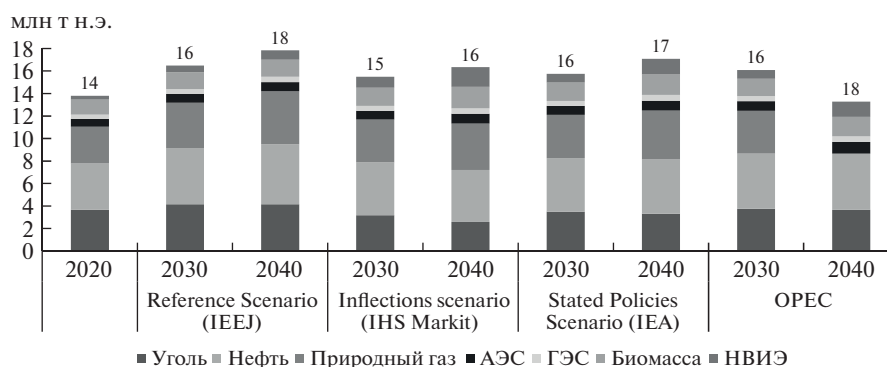
Высокие темпы прогнозируются в Юго-Восточной Азии. Растущая потребность в использо-

вании газа здесь, в первую очередь, обусловлена нуждами электроэнергетики. В этом угольном регионе сокращение выбросов CO<sub>2</sub> становится одной из первоочередных задач. Таким образом, Юго-Восточная Азия имеет большой стимул для расширения использования газа. Важнейший вопрос для стран, которые не располагают собственными запасами газа и вынуждены будут импортировать его возрастающие объёмы, заключается в том, насколько импортный газ будет конкурентоспособен.

В то же время в Европейском союзе наблюдается обратная картина. Если с 2000 по 2010 гг. использование газа на европейских электростанциях выросло на 85.0%, а с 2010 г. по 2013 г. сокращалось потребление угля при увеличении газовой генерации, то с 2013 г. по 2020 г. потребление газа и угля в генерации электроэнергетики снизилось при возрастании доли возобновляемых источников энергии (в том числе солнечной).

По прогнозу компании IHS Markit, государства, входящие в Евросоюз, к 2050 г. планируют сократить потребление газа до 192.1 млрд м<sup>3</sup> как в силу низких темпов экономического роста на фоне активного энергосбережения, так и в результате политики, направленной на продвижение альтернативных источников энергии. Страны Евросоюза планируют использовать все инструменты государственной энергетической политики для снижения доли газа в своём энергобалансе. Газовая генерация в Евросоюзе постепенно становится непривлекательной в условиях субсидирования возобновляемых источников энергии. Производство газа продолжит снижение, и к 2050 г. этот регион мира сократит 66.7% (к уровню 2020 г.) своей добычи. При этом геологические проблемы и быстрое падение производства на крупнейшем месторождении в Нидерландах лишат Европейский союз основной части гибкого предложения. Только Норвегия сможет поддер-





**Рис. 8.** Прогноз мирового потребления первичной энергии (базовые сценарии), млрд т н.э.

*Примечание:* для ОПЕК использован коэффициент перевода 1 млн барр. н.э./сутки = 7.3 млн т н.э.

*Источники:* [10, 13, 14, 23].

живать текущий уровень добычи за счёт разработки новых оффшорных месторождений.

Однако потенциал производства новых месторождений, которые будут введены в эксплуатацию в течение следующих пяти лет, ограничен сложной геологией и отдалённостью активов. Самые крупные из них — Оста-Ханстин, которое разрабатывает Equinor (Statoil), и Мартин-Линге, разрабатываемое Total. Месторождения, планируемые к введению в эксплуатацию до 2030 г., добавят к общей добыче 30 млрд м<sup>3</sup>, тогда как объём выпавшей добычи на зрелых месторождениях по сравнению с 2020 г. составит около 45 млрд м<sup>3</sup>. Таким образом, в среднесрочной перспективе производство газа в Норвегии будет сокращаться на 2.2% в год (до 97.9 млрд м<sup>3</sup> к 2030 г.), что отразится и на экспортных объёмах.

В случае с Алжиром, наряду с истощением зрелых месторождений, можно иметь в виду влияние такого фактора, как быстрорастущий внутренний спрос на электроэнергию, что вынуждает правительство перенаправлять часть добычи на собственные нужды. Катар в среднесрочной перспективе, то есть до 2030 г., не планирует масштабного наращивания производства и экспорта СПГ.

Пика спроса на газ достигли некоторые крупные страны Евросоюза — Германия (в 2005 г. 101.6 млрд м<sup>3</sup>), Италия (в 2005 г. 88.6 млрд м<sup>3</sup>), Франция (в 2004 г. 51.0 млрд м<sup>3</sup>), Нидерланды (в 2004 г. 46.2 млрд м<sup>3</sup>) и Бельгия (в 2010 г. 21.3 млрд м<sup>3</sup>).

По прогнозу консалтинговых компаний и международных организаций, политика энергетического перехода и декарбонизации Евросоюза, направленная на ужесточение экологических требований, а также использование возобновляемых источников (объём государственного финансирования на эти цели до 2030 г. составит более 1 трлн евро) приведут к снижению потребле-

ния газа в ЕС начиная с 2023 г. По их подсчётам, к 2050 г. потребление газа в Старом Свете снизится на 179 млрд м<sup>3</sup> по сравнению с 2020 г.

Ожидается, что в будущем, как упоминалось выше, спрос на газ снизится в Республике Корея и Японии. В указанных государствах динамика потребления будет зависеть от решений в отношении дальнейшей судьбы атомной энергетики. Весь остальной мир продолжит наращивать потребление газа.

\*\*\*

Согласно долгосрочным прогнозам развития энергетики (базовые сценарии), к 2040 г. природный газ будет удовлетворять 24–26% мировой потребности в энергии и станет вторым по величине топливом после нефти (рис. 8).

Причины расширения использования природного газа на Ближнем Востоке понятны — ведь он может заменить нефть. В США значительные поставки газа идут на электростанции для выработки электроэнергии. В то же время 80% прогнозируемого роста потребности в природном газе приходится на страны Азии, прежде всего Китай и Индию, которые большую часть природного газа вынуждены импортировать, неся при этом высокие транспортные затраты.

При использовании природного газа выделяется меньше загрязнений, чем от других видов ископаемого топлива, и в этом заключается его преимущество. Однако конкуренцию газу уже составляет возобновляемая энергетика, которая совсем не загрязняет атмосферу. Более того, в некоторых странах к 2025 г. именно альтернативная энергетика станет более дешёвым видом новых мощностей, чем природный газ. Политика энергоэффективности также играет определённую роль в сдерживании потребления природного газа: в то время как производство электроэнергии



из природного газа к 2050 г. вырастет более чем на половину, электрические мощности переработают его больше чем на треть.

До 2050 г. на долю СПГ придется 90% прогнозируемого роста поставок газа. Трансформации газовых рынков содействует либерализация рынка Японии и других азиатских стран, а также подъём портфельных игроков — крупных компаний с набором активов в сфере поставок. Появляются новые экспортёры — число стран-поставщиков СПГ увеличилось с 13 в 2006 г. до 30 (включая реэкспорт) в 2020 г. В долгосрочной перспективе рынок СПГ может компенсировать потери некоторых стран при их переходе на другой вид топлива, когда будут выводиться из эксплуатации старые генерирующие мощности.

Таким образом, потребление природного газа в ключевых регионах мира, согласно долгосрочным прогнозам, будет только расти. Дальнейшее наращивание его объёмов зависит от строительства регазификационной структуры как в странах, уже импортирующих СПГ, так и планирующих стать его новыми потребителями. В этих условиях для российского природного газа открываются значительные перспективы расширения экспорта углеводорода и тем самым увеличения своего присутствия в Азии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов А.М., Савельев В.И., Бахтизина Н.В. Мировой рынок природного газа: современные тенденции и перспективы развития // Вестник МГИМО-Университета. 2012. № 1 (22). С. 273–277.
2. The 2021 IHS Markit Energy and Climate Scenarios: Global gas summary // Strategy Report. Energy and Climate Scenarios. July 2021. <https://connect.ihsmarkit.com/document/show/phoenix/3274463?connectPath=EnergyClimateScenariosLandingPage.Home.FeaturedResearch>
3. Зуев А. XXI век под знаком газа // ТЭК России. 2016. № 4. С. 13–17.
4. IHS Markit Eurasian Gas Export Outlook – April 2021 // IHS Markit. April 2021. <https://connect.ihsmarkit.com/document/show/phoenix/3956006?connectPath=Search&searchSessionId=fed78a69-65d5-421b-897d-0e3e131fc458>
5. IEA Natural Gas Information Statistics // IEA. October 2020. Mode of access: [https://www.oecd-ilibrary.org/energy/data/iea-natural-gas-information-statistics\\_naturgas-data-en](https://www.oecd-ilibrary.org/energy/data/iea-natural-gas-information-statistics_naturgas-data-en)
6. Зуев А. Новые производители углеводородов — кто они? // ТЭК России. 2016. № 4. С. 20–23.
7. Годовой отчёт ПАО “Газпром” за 2020 год. <https://www.gazprom.ru/f/posts/57/982072/gazprom-annual-report-2020-ru.pdf>
8. BP Statistical Review of World Energy: BP. June 2021. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
9. China Natural Gas Data Tables, July 2021. <https://connect.ihsmarkit.com/document/show/phoenix/392129?connectPath=Search&searchSessionId=ad171e3c-8f3a-484d-b1ab-ee24a5bdefd7>
10. IHS Markit Global Energy Scenarios data set – Energy outlook to 2050. Inflections scenario. IHS Markit. July 2021. Version 1.0. <https://connect.ihsmarkit.com/gpe/energy-climate-scenarios/dashboard/overview>
11. Топливо-энергетический комплекс КНР. М.: ЦДУ ТЭК, 2019.
12. Газовый рынок Северо-Восточной Азии // ТЭК России. 2016. № 11. С. 15–19.
13. IEIJ Outlook 2021. Energy Transformation in Post Corona World. The Institute of Energy Economics, Japan. March 2021. <https://enen.iej.or.jp/data/9417.pdf>
14. IEA (2020), World Energy Outlook 2020, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/557a761b-en>
15. BP Energy Outlook – 2020 Edition. BP plc, London. September. 2020. Mode of access: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook.html>
16. The Expert Group on Energy Data and Analysis (EGEDA). Quarterly Data. [https://www.egeda.ewg.apec.org/egeda/database\\_info/neworiginal\\_q\\_select\\_form.html](https://www.egeda.ewg.apec.org/egeda/database_info/neworiginal_q_select_form.html)
17. LNG Market Data Sheet: Japan. IHS Markit. May 2021. <https://connect.ihsmarkit.com/document/show/phoenix/745130?connectPath=Search&searchSessionId=f18c281a-f145-47a0-95a1-fd3a8792be80>
18. IEA (2021), Japan 2021 Energy Policy Review, IEA Energy Policy Reviews, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/72bb987a-en>
19. LNG Market Data Sheet: South Korea. IHS Markit. February 2021. <https://connect.ihsmarkit.com/master-viewer/show/phoenix/744888?connectPath=TcpEnergyPowerGasCoalAndRenewables.PGCRKeyReportsWidget>
20. GIIGNL 2021 Annual Report // GIIGNL. May 2021. [https://giignl.org/sites/default/files/PUBLIC\\_AREA/giignl\\_2021\\_annual\\_report\\_apr27.pdf](https://giignl.org/sites/default/files/PUBLIC_AREA/giignl_2021_annual_report_apr27.pdf)
21. BP (2021), Statistical Review of World Energy. BP, London. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
22. India LNG Market Profile. IHS Markit. July 2021. <https://connect.ihsmarkit.com/master-viewer/show/phoenix/744924?connectPath=TcpEnergyPowerGasCoalAndRenewables.PGCRKeyReportsWidget>
23. OPEC (2020). World Oil Outlook 2045 (WOO). OPEC Secretariat, Vienna. <https://woo.opec.org/>

ИЗ РАБОЧЕЙ ТЕТРАДИ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЯ

МИКРОВОЛНОВЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ В ПРОБЛЕМЕ СОВРЕМЕННЫХ  
ВИРУСНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

© 2022 г. С. В. Авакян<sup>а</sup>, Л. А. Баранова<sup>б,\*</sup>

<sup>а</sup>ВНЦ “Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова”, Санкт-Петербург, Россия

<sup>б</sup>Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург, Россия

\*E-mail: l.baranova@mail.ioffe.ru

Поступила в редакцию 23.12.2021 г.

После доработки 28.12.2021 г.

Принята к публикации 11.01.2022 г.

В статье представлены результаты исследования механизмов влияния повышенного уровня микроволнового излучения на рост инфекционных, в первую очередь вирусных, заболеваний в среде обитания. Это излучение земной ионосферы, достигшее максимума в конце 1980-х — начале 2000-х годов, вслед за ростом уровня активности Солнца с XVII в. За последние 30 лет в связи с развитием сотовой мобильной связи и компьютеризации в 100 раз возрос антропогенный электромагнитный фон. Прогнозируемое взаимодействие естественных и техногенных источников микроволн резко увеличивает их негативное воздействие на экологическую обстановку. Особое беспокойство вызывает активное распространение в последние годы нового стандарта связи 5G, в перспективе — освоение в нашей стране наиболее опасного миллиметрового диапазона.

Энергия из окружающей среды в микроволновом диапазоне способна стать причиной “неожиданного поведения” ДНК вирусов. Предложены уточнения к рекомендациям экспертов по защите населения с помощью электромагнитного экранирования, полученные в рамках супрамолекулярной физики окружающей среды.

**Ключевые слова:** микроволновое излучение ионосферы, системы сотовой связи, вирусы гриппа, СПИД, ковидные инфекции, защита населения.

DOI: 10.31857/S0869587322040028

Главные источники микроволнового излучения — возрастающее антропогенное увеличение электромагнитного фона, обусловленное в ос-

новном работой в микроволновом диапазоне сетей сотовой радиосвязи; микроволновое КВЧ-, СВЧ-, УВЧ-излучения земной ионосферы на частотах 300–0.3 ГГц (длины волн от 1 мм до 10 дм), возмущённой в периоды повышения солнечно-геомагнитной активности, в том числе во время вспышек на Солнце и магнитных бурь. Такое излучение в 1985–2003 гг. достигло пиковых значений, что связано с совокупным вековым максимумом (с наложением квазистолетного, квазидвухсотлетнего и, по-видимому, околочетырехсотлетнего циклов) солнечно-геомагнитной активности [1–3].

В течение 2020 г. опубликовано более 34 тыс. научных статей о структуре, распространении, патогенезе и возможных подходах к лечению инфекции, вызванной новым коронавирусом SARS-Cov-2. Однако окончательных ответов на эти вопросы так и не получено. Реальные проявления вирусных пандемий (эпидемии гриппа, инфлюэнцы, “испанки”), которые можно связать с воздействием радиоволновой связи, наблюдались уже во втором десятилетии XX в. с пиком в



АВАКЯН Сергей Вазгенович — доктор физико-математических наук, иностранный член НАН Республики Армения, главный конструктор ВНЦ ГОИ им. С.И. Вавилова в международном проекте “Космический солнечный патруль”. БАРАНОВА Любовь Александровна — кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории процессов атомных столкновений ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН.

1918–1920 гг. [4, 5]. Если исходить из нашей гипотезы, этому могло способствовать не только бурное развитие самой радиосвязи, но и зарегистрированное магнитными обсерваториями увеличение после 1912 г. числа больших геомагнитных бурь (даже в минимумы солнечного одиннадцатилетнего цикла). С этого времени до 2009 г. на Земле не зафиксировано годов с отсутствием мировых магнитных бурь. Это означает, что в земную ионосферу на протяжении столетия регулярно вторгались потоки корпускул, в основном электронов из радиационных поясов и напрямую из геомагнитосферы. Реальная геомагнитная активность, прежде всего по количеству мировых магнитных бурь, постоянно возрастала, достигнув годового максимума в 2003 г. — более 70 больших бурь. Анализ данных по известным пятенным проявлениям активности Солнца, появление результатов сначала эпизодических, а затем патрульных космических экспериментов позволили установить наличие длительных квазистолетнего, квазидвухсотлетнего и околочетырёхсотлетнего циклов. Совокупный максимум наложения этих циклов определил, вероятно, появление абсолютного солнечного пика активности в 1985–1987 гг. Подчеркнём, что имеется ввиду именно истинная солнечная активность, когда увеличивается абсолютное значение полного потока излучения от всего диска Солнца, ионизирующего земную верхнюю атмосферу в крайнем УФ и мягком рентгеновском диапазонах в фоновых условиях и, особенно, в периоды вспышек, количество и мощность которых также растут. Индексы пятенной активности здесь совершенно неэффективны и только запутывают ситуацию. Достаточно указать на поведение одиннадцатилетних максимумов числа солнечных пятен в последние 100 лет, когда абсолютный пик числа пятен пришёлся на 1958 г., а пик истинной солнечной активности зарегистрирован космическими аппаратами на 27–29 лет позже [1–3].

Невозможность измерения истинных параметров электромагнитной и корпускулярной активности Солнца до начала эры ракетно-космических экспериментов (с 1946 г.) не позволила А.Л. Чижевскому — активному исследователю влияния электромагнитных возмущений окружающей среды на возникновения эпидемий [4] — прямо сопоставить солнечно-геомагнитную активность и конкретные пандемии. В работах [4, 5] представлены прямые указания на наличие такой связи как на примере вируса гриппа, так и ряда других эпидемических заболеваний. Длительность эпидемии гриппа в каждом одиннадцатилетнем солнечном периоде в среднем равна четырём годам, причём пики в пределах этого цикла приходятся как на максимум, так и на минимум пятенной активности Солнца. Это соответствует современным данным [1] о таком же распределе-

нии основного источника микроволн из ионосферы — мировых магнитных бурь. Предполагалось также, что агентами влияния могут быть сантиметровые и миллиметровые радиоволны [4, с. 206].

**Геокосмос и механизмы солнечно-биосферных связей.** Несмотря на всемирно известные исследования гениальными отечественными учёными роли среды в физиологии (И.М. Сеченов, В.И. Вернадский и А.Л. Чижевский), а также аналогичные зарубежные работы, до недавнего времени не были в достаточной мере ясны ни главные гелиогеофизические факторы, ни основные физические механизмы воздействия геокосмоса на живые организмы, в том числе человека. И.М. Сеченов вообще включал понятие среды в понятие организма, полагая, что организм неотделим от внешней среды.

В.И. Вернадский констатировал: «В науке, как и в жизни (истории человечества, отдельной личности), нельзя оторваться от “среды”, что собственно и есть признание причинной связи всех явлений, есть сведение явлений к единому, есть единство реальности» [6, с. 45, 46]. Академик Л.А. Орбели так сформулировал проблему: “Организм и среда представляют собой нечто неразделимое и находятся в единстве и во взаимодействии. Если это помнить и считаться с тем, что весь ход развития тех или иных функциональных отношений протекал в определённой среде, вечно меняющейся, вечно воздействующей на живые организмы, то станет понятно, что ни одна функция не могла складываться и претерпевать те или иные изменения иначе, как под влиянием и в зависимости от тех воздействий среды, которым она постоянно подвергалась... Приходится считаться как с внутренними факторами, исходящими из самого организма в виде взаимодействия отдельных его частей, так и с факторами внешними” [7, с. 61].

Учёт среды, её воздействий на организмы, органы, клетки — вот ключевое направление исследования в естествознании по В.И. Вернадскому и Л.А. Орбели. Именно это лежит в основе научных открытий А.Л. Чижевского в гелиобиологии [4], полностью согласующейся с парадигмой современной физики солнечно-земных связей. Так что исследование космофизических воздействий имеет глубокие исторические корни и является традиционным для классической российской физиологии [7, 8]. Например, выявлена положительная корреляция (до 80%) данных электроэнцефалографии (ЭЭГ) с геомагнитной активностью. Изменения в системе гомеостаза оказывались тем значительнее, чем интенсивнее магнитная буря. Наблюдалась отрицательная корреляция некоторых локальных показателей синхронности ЭЭГ с различными индексами солнечной активности.

При этом корреляция была существенно слабее, но и поток микроволн от ионосферы во время вспышек (высшего проявления солнечной активности) в 10–100 раз меньше, чем в магнитную бурю. Понятна и слабая корреляция эффектов с солнечной активностью, поскольку экспериментально регистрируемые величины потоков микроволн из ионосферы в такие периоды уже находятся на уровне, близком к порогу чувствительности биологических объектов к микроволнам.

До недавнего времени отсутствовало достаточное понимание биоэнергетики: каков механизм воздействия внешних электромагнитных полей на организм? Поэтому до сих пор актуально рассмотрение сформулированного 60 лет назад предположения Альберта фон Сент-Дьёрди, нобелевского лауреата по физиологии, что “взаимодействие между молекулами могут происходить без непосредственного вещественного контакта, либо посредством энергетических связей, либо посредством электромагнитного поля, которое, таким образом, представляется матрицей биологических реакций” [9, с. 150].

В нашей стране изучение и развитие биоэнергетических подходов, рассмотренных в работе [9], активно ведутся уже несколько десятилетий [8, 10]. В серии наших работ [11–17] описаны детали такого атомно-молекулярного подхода с привлечением известных механизмов физической оптики, при воздействии электромагнитного излучения на воду и процессов столкновительного безызлучательного переноса потенциальной энергии от возбуждённых водных молекулярных комплексов к биополимерам. В работе [18, с. 27, 28] отмечено, что “автор [15] теоретически доказал наличие у ионосферы и верхней атмосферы Земли микроволнового излучения, которое генерируется в квантовых переходах между высоковозбуждёнными ридберговскими состояниями всех атомно-молекулярных составляющих верхнеатмосферной плазмы и является строго характеристическим. Увеличение интенсивности миллиметрового излучения (существенное превышение над фоном) прямо коррелирует как с солнечной активностью, так и с геомагнитными бурями. При этом всё это излучение (начиная с длины волны  $\lambda = 0.8$  мм и более) практически свободно проникает в атмосферу до земной поверхности”.

Этот не учитываемый до нас в физике солнечно-земных связей энергетический агент позволил нам предложить решение парадоксальной ситуации в области гелиобиологии. Действительно, все основные факторы воздействия истинных гелиогеомагнитных возмущений на нижнюю атмосферу и биосферу (поток крайнего УФ и мягкого рентгеновского излучения Солнца, в том числе в периоды вспышек, потоки корпускул, в основном электронов, из радиационных поясов Земли

и напрямую из геомагнитосферы, выпадающих в зоне полярных сияний, а во время мировых магнитных бурь и на умеренных широтах) не проникают ни до нижней атмосферы, ни до биосферы, полностью диссипируя по энергии в ионосфере Земли (на высотах от ~60 до 300–400 км). Это, собственно, и создаёт ионосферную плазму, одновременно вызывая эмиссию микроволнового (ридберговского) излучения практически всех газовых составляющих верхней атмосферы. Предложенный учёт эмиссионного ионосферного потока определяет космофизический фундамент гелиобиологии.

В публикациях 1994–2008 гг. [14–16] отмечена важность механизма ридберговского возбуждения ионосферы для физики солнечно-земных связей с выполнением модельных расчётов потоков микроволнового излучения в периоды солнечных вспышек и геомагнитных бурь. Этому предшествовала планомерная работа в Государственном оптическом институте им. С.И. Вавилова в 1974–1994 гг. В результате в интересах решения проблем солнечно-земных связей в модели ионосферы были последовательно введены три неучитываемых ранее процесса из физики атомно-молекулярных столкновений: эффект Оже (1974), двукратная фотоионизация (1978–1979) и возбуждения электронных высоковозбуждённых (ридберговских) состояний при ударе фотоэлектронов, вторичных и оже-электронов (1989–1994) [19]. Это привело к пониманию природы неоднократно измеряемой микроволновой эмиссии ионосферы в периоды вспышек на Солнце и геомагнитных бурь (полярных сияний), излучаемой при разрешённых электрических дипольных переходах с этих состояний верхнеатмосферными газами. В подобных ситуациях вероятность процессов ассоциации в стабильный комплекс определяется, согласно [16, 20, 21], величиной орбитального момента ( $l$ ) ридберговского электрона, а именно, уменьшается при малых величинах  $l$  и, наоборот, велика при больших значениях ( $l > 2-3$ ). Это обстоятельство связано с таким изменением формы орбиты электрона, когда она при больших  $l$  перестаёт проникать в ионный остов, что повышает устойчивость ассоциата. Следовательно, в периоды повышенных величин внешних потоков микроволн, прежде всего из ионосферы, при поглощении их ридберговским электроном в разрешённых электрических дипольных переходах с возрастанием орбитального момента ( $l$ ) на единицу следует ожидать уменьшения скорости развала кластеров (вплоть до порядка величины [15]), то есть усиления ассоциатообразования биорастворов.

Подчеркнём, что предлагаемый новый фактор в физике солнечно-земных связей (путём рассмотрения процессов в нижней атмосфере и биофизике с учётом потоков микроволн ионосфер-

ного происхождения) — вероятно, самый эффективный агент влияния солнечно-геомагнитной активности на погодно-климатические характеристики и биосферу. Действительно, до высот нижней атмосферы и земной поверхности, кроме микроволнового излучения, доходят только космические лучи, реально участвующие в ионизации окружающей среды. Порог ионизации составляет  $\sim 10$  эВ. Энергия кванта потока микроволн, которая управляет снижением вероятности развала ассоциата (кластера) через его поглощение ридберговским электроном, приводящее к увеличению орбитального квантового момента, составляет  $\sim 5 \times 10^{-5}$  эВ, то есть в  $2 \times 10^5$  раз меньше. Поток космических лучей на входе в нижние слои атмосферы достигает для галактических космических лучей (ГКЛ)  $\sim 7 \times 10^{-10}$  Вт/см<sup>2</sup>, для солнечных космических лучей (СКЛ)  $\sim 2 \times 10^{-7}$  Вт/см<sup>2</sup> [1], а поток микроволн из ионосферы в главную фазу мировой магнитной бури доходит до  $\sim 10^{-11}$  Вт/см<sup>2</sup> [16]. Отсюда следует, что эффективность воздействия потока квантов микроволн из ионосферы на окружающую среду превышает воздействие ГКЛ примерно в  $\geq 10^3$  раз, а СКЛ в  $\geq 10$  раз. Частота прихода СКЛ на тропосферные высоты невелика — до одного случая в квартал, для сравнения: число больших вспышек на Солнце и мировых геомагнитных бурь (причин спорадического увеличения микроволнового потока из ионосферы) в среднем достигает одного события каждую неделю [1]. В этом плане можно рассматривать и недавнюю публикацию [22] о зависимости проявления вирусных эпидемий от пятенной активности Солнца через механизм воздействия космических лучей. Если не касаться предположений о механизме солнечно-биосферной связи, то результаты этих исследований следует считать важным подтверждением идей гелиоэпидемиологии [4, 5].

**Микроволновые излучения окружающей среды и физиология.** Л.А. Орбели подчёркивал, что физиология должна оказывать “практическую помощь населению нашей родины и населению всего земного шара в защите от ряда вредных факторов, которые имеют место в природе, которые искусственно генерируются нами, применение которых всё расширяется” [7, с. 67]. Мы обсуждаем наличие в природе такого фактора с 1994 г. [14–16]. Речь идёт о спорадической, особенно сильной в магнитную бурю и в периоды вспышек на Солнце микроволновой эмиссии земной ионосферы. Концепция Орбели развивалась на основе оригинальной супрамолекулярной физики генерации в естественных и антропогенных микроволновых полях надмолекулярных структур в живом организме с участием воды [11–13, 15–17]. При этом учитывалось уникальное свойство молекулы воды — высокое сродство к протону, что позволяет в процессе реализации водород-

ной связи при ассоциатообразовании получать промежуточное высоковозбуждённое электронное — ридберговское — состояние, у которого переходы между уровнями лежат в диапазоне микроволн. Поглощение микроволнового кванта приводит к увеличению вероятности образования ассоциата до 10 раз [15]. Это в основном и способствует реализации не энергетического, а информационного канала воздействий слабых микроволновых потоков на организм в рамках квантовой биофизики, биоэлектроники и биоэнергетики [9, 23]. Альберт фон Сент-Дьёрдьи фактически предвидел наш подход в рамках супрамолекулярной физики (то есть с включением в процесс ассоциатообразования переноса протона и захвата электрона, нейтрализующего возникающий от появления протона положительный заряд, на высоко лежащую ридберговскую орбиту): “Представление о переносе заряда вводит в игру возбуждённые уровни, ранее считавшиеся недоступными, ибо обычно энергия, необходимая для подъёма электрона на возбуждённый уровень молекулы, к которой он принадлежит, слишком велика” [23, с. 69]. Обсуждалась и возможность того, что “массивность реагирующих молекул благоприятствует переносу заряда” [23, с. 99, 100]. В рамках супрамолекулярной физики ридберговский электрон действительно оказывается сразу на энергетическом уровне  $\geq 10$  эВ, и ридберговская молекула как водного ассоциата, так и биоматериалов сравнительно велика.

**Источники микроволновых потоков в окружающей среде.** Сейчас стало очевидно, что самое эффективное воздействие среди космических факторов на состояние окружающей среды и биосферу в целом оказывает ионосферное микроволновое излучение. Солнце поставляет на орбиту Земли не столь значительный и сравнительно малоизменчивый поток микроволн, поскольку даже в периоды солнечных радиовсплесков он возрастает лишь в несколько раз [1, с. 24–27].

Наземные измерения показали, что в период солнечных вспышек сигнал от потока микроволнового излучения земной ионосферы превышает интенсивность потока микроволн от спокойного Солнца до 40 раз (на длине волны 50 см) и более, далее аппаратура зашкаливала [24]. Ширина всплеска достигала 1 ГГц. Во время магнитных бурь такие наблюдения десятки раз проведены в зоне полярных сияний [25]. В период магнитной бури величина потока может возрастать до  $10^{-11}$ – $10^{-12}$  Вт/см<sup>2</sup> [16], а в главную фазу бури — до  $10^{-10}$  Вт/см<sup>2</sup>. Это на порядки выше, чем порог чувствительности биологических объектов к микроволнам. Так что потоки при геомагнитных возмущениях могут быть значительно выше, чем рассмотренные в работе [26, с. 99]. Наконец, результаты наблюдений в Норильске [27] позво-

ляют констатировать, что если при небольших и умеренных магнитных бурях источник ионосферного потока микроволн располагается на высоких широтах (в авроральной зоне), то в достаточной мере сильную магнитную бурю потоки излучаются с околозенитного направления даже на средних широтах. Это подтверждается многочисленными наблюдениями космонавтами сильных полярных сияний непосредственно в зоне орбитальных полётов, то есть на широтах менее  $51.6^\circ$  [28]. Поскольку высота излучающей микроволновый поток области ионосферы (как авроральной, так и среднеширотной) превышает 100 км и достигает 300–350 км, то облучению микроволнами подвергается почти вся земная биосфера вплоть до приэкваториальных широт. Во время вспышек на Солнце возрастание ионосферного потока микроволн в 10–100 раз меньше, чем в сильную магнитную бурю. Такой значительный микроволновый эффект магнитных бурь связан не с величиной индукции естественного геомагнитного поля, поскольку от антропогенных источников, например в метро, зарегистрированы статические поля, превышающие земное поле в разы, и не с геомагнитными буревыми вариациями (несколько процентов, что близко к эффекту от телефонной трубки). Согласно результатам целенаправленных исследований [29, с. 49], техногенные магнитные поля в электротранспорте могут в 7–8 раз превосходить величину естественного геомагнитного поля. Поэтому человеческий организм в период магнитной бури скорее реагирует на микроволновый поток из ионосферы (возрастающий в главную фазу в тысячи раз), чем на вариации величины магнитной индукции (от нескольких процентов до нескольких раз).

Дело в том, что генерация микроволнового излучения в ионосфере обычно происходит под действием электронных потоков (в основном с энергией  $\geq 1$  кэВ), поступающих из магнитосферы, интенсивность которых сильно растёт как раз во время бурь [1, с. 296–300; 28, с. 66, 67]. Саму магнитосферу можно уподобить гигантской (диаметром в 10 раз больше, чем у Земли) фокусирующей иммерсионной (ускоряющей) линзе [28, с. 51], формирующей из частиц солнечного ветра потоки корпускулярных заряженных частиц, прежде всего электронов. Далее они вторгаются в ионосферу двумя путями: перманентно прямо в области полярных сияний в пределах аврорального овала на геомагнитных широтах  $\sim 67^\circ$  и во время мировых магнитных бурь в виде высыпаний из внешнего радиационного пояса, где энергичные электроны накапливаются в период между бурями [1].

Максимальные, спорадически возникающие при мировых магнитных бурях потоки микроволн из ионосферы — важный дополнительный фактор совокупного воздействия электромагнит-

ного излучения на биосферу, интенсивность которого может достигать  $\sim 10^{-10}$  Вт/см<sup>2</sup>, что превышает, например, собственное СВЧ-излучение человеческого организма (как считается — теплового происхождения). Следовательно, надо рассматривать эффект от мм-составляющей планковского излучения окружающей среды, во всяком случае в лабораторном помещении, или, например, при проведении биофизических экспериментов внутри Международной космической станции [30]. Весь поток микроволн из ионосферы промодулирован в интервале менее 100 Гц, где располагаются частоты Шумана и Альфвена, связываемые с резонансными полостями между ионосферой и земной поверхностью и основной частью ионосферы и её верхней границей [11, 13]. Прогнозируется и эффект стохастического резонанса потока ионосферного эмиссионного, непрерывного по всему спектральному интервалу, излучения с антропогенными микроволновыми источниками (электроника, сотовая связь, позиционирование) на действующих частотах, а также с источниками теплового излучения (в миллиметровом диапазоне) среды и персонала.

Поток микроволнового эмиссионного излучения от ионосферы измерялся в десятках экспериментах с наземных радиофизических обсерваторий, прежде всего в периоды солнечных вспышек и магнитных бурь [11–17, 24, 25, 27]. Важно подчеркнуть, что даже в главную фазу мировой магнитной бури, то есть при наблюдении самых ярких полярных сияний, величина достигающего биосферы потока ниже  $\sim 10^{-10}$  Вт/см<sup>2</sup>, что обуславливает только слабые, нетепловые формы воздействия на живые организмы.

Очевидно, что внешнее микроволновое излучение в отсутствии контроля над потоками микроволн из возмущённой ионосферы может быть основным фактором, ответственным за многолетние наблюдения эффектов “невоспроизводимости” в ряде биофизических опытов [10, 17, 26, 30]. Имеется в виду *спорадическая* “невоспроизводимость”. Таким образом, мы следуем подходу: “невоспроизводимость не означает нереальности объекта, невоспроизводимость имеет смысл только по отношению к временному интервалу исследования” [26, с. 531]. Подчёркивалось, что важной “является проблема сниженной воспроизводимости нетепловых (то есть безнагревных, не приводящих к повышению температуры живой ткани — С.А., Л.Б.) эффектов; при наличии множества общепризнанных факторов невоспроизводимости, её природу пока не исследуют” [26, с. 578]. Хотя сказанное относилось к малым эффектам в магнитобиологии, это имеет значение и при интерпретации явлений малых доз [8, 10], особенно при исследовании высоких и сверхвы-



соких разбавлений водных биорастворов [11, 13, 31]. Мы предлагаем [17] отнести источник часто реализуемой, но не понятной до сих пор проблемы неповторяемости биологических опытов и тестов (см. дискуссию в [32, 33]) к предложенному нами для учёта внешнему, неконтролируемому в этих опытах электромагнитному (микроволновому) излучению из ионосферы.

С развитием сотовой телефонии быстро увеличивается общий уровень микроволнового фона в среде обитания. В связи с новым стандартом связи 5G в ближайшее время в нашей стране планируется активно использовать диапазон мм-излучения. Известно, что малые базовые станции современных систем сотовой мобильной связи излучают и в пределах микроволнового диапазона частот (от  $0.7 \times 10^9$  Гц до  $3.5 \times 10^9$  Гц, с перспективой использования при внедрении стандарта 5G и интервала  $(4.8-4.99) \times 10^9$  Гц, а также миллиметрового диапазона). В свете представлений из физики взаимодействия электромагнитного излучения с окружающей средой, в том числе по законам теплового излучения, такое продвижение в область более высоких частот, чем в зарубежных странах (где рабочий диапазон 3.4–3.8 ГГц), нам представляется всё интенсивнее, являясь, по-видимому, основной причиной современного возрастания на порядок уровня электромагнитного фона в окружающей среде каждые 15 лет [34]. По данным ВОЗ [34, с. 15], 75% ежегодных смертей обусловлено действием факторов окружающей среды, а в онкологии — 90%. К этому может приводить непропорциональное увеличение экологически значимого уровня общего потока антропогенного электромагнитного фона. Дело в том, что, согласно результатам нашего анализа [30] ситуации с потоком мм-излучения, состоящего из наиболее энергичных квантов во всём микроволновом диапазоне, она может особенно усугубляться в ограниченном пространстве. Тут надо рассматривать фоновые (тепловые) источники, обладающие ощутимым уровнем потока в биологически важном мм-диапазоне [35]. Совокупное рассмотрение воздействия внешних потоков микроволн с учётом индуцированного испускания микроволновых квантов в самой биосреде представлено нами в работе [30] при интерпретации понятия биополя. Это равновесное излучение среды обитания при комнатном значении  $T = 300$  К ( $27^\circ\text{C}$ ) и тепло от персонала при  $37^\circ\text{C}$  [35, 36]. Поэтому именно мм-диапазон — основной кандидат на постоянно обсуждаемое биофизиками [26] явление *стохастического резонанса*, поскольку интенсивность потока заслуживающих внимания источников микроволн находится в ограниченном интервале. Это уже близко к условию осуществления такого резонанса [26], когда происходит усиление эффекта облучения

биообъекта в узкой частотной полосе, например, от антропогенного источника, за счёт сбора энергии эмиссионного микроволнового излучения возмущённой земной ионосферы широкого спектрального диапазона. Так, излучение человека в СВЧ-диапазоне достигает  $\sim 10^{-11}$  Вт/см<sup>2</sup> · ГГц [36], а поток равновесного излучения (при 300 К) для мм-диапазона —  $\sim 10^{-10}$ – $10^{-12}$  Вт/см<sup>2</sup> [35].

Академик В.А. Черешнев, отметил, что “с 1970-х годов наблюдается увеличение числа вирусных заболеваний, одна из причин этого — антибиотикотерапия, вызывающая гибель бактерий, противодействующих распространению вирусов в кишечнике” [37, с. 754]. Именно с 1976 г. зафиксирован перелом в поведении средней глобальной температуры на земной поверхности с её переходом в практически непрерывный рост, а также аналогичное поведение температуры поверхности Мирового океана. Эти температуры продолжают расти и составляют как раз феномен современного глобального потепления. В наших работах [12, 16] на основе сопоставления вариаций глобального облачного покрова, зарегистрированных в International Satellite Cloud Climatology Project (<http://isccp.giss.nasa.gov/climanal7.html>) доказана связь распространённости полной облачности с интенсивностью потока микроволнового излучения земной ионосферы, генерируемого при её возмущении факторами повышенной солнечно-геомагнитной активности — возросшим потоком коротковолнового (ионизирующего верхнюю атмосферу) излучения Солнца и квазипериодическими вторжениями в ионосферу корпускулярных потоков (в основном электронов кэВ-энергий) из радиационных поясов и напрямую из геомагнитосферы. Антропогенное электромагнитное загрязнение среды за последние 30 лет возросло в микроволновом диапазоне на два порядка, причём в основном за счёт бурного развития сотовой мобильной связи [34].

Недавно среди трёх важных антропогенных факторов современного экологического давления названо и электромагнитное загрязнение среды, которое провоцирует иммунную систему человека, создавая воспаления в кишечнике [38]. Ранее подобные результаты уже обсуждались: “Под действием СВЧ-излучений в области нескольких десятков ГГц при довольно низкой интенсивности (вплоть до  $0.1$  Вт/м<sup>2</sup>) некоторые бактерии (например, кишечная палочка) синтезируют своеобразный белок — колицин, обладающий антигенными свойствами для бактерий других штаммов... Вероятно, СВЧ-излучение может нарушить нормальную последовательность нуклеотидов в матричной РНК, следствием чего явится продукция необычных для клетки макромолекул, которые неспособны обеспечить полноценное отправление соответствующих функций” [8, с. 368].

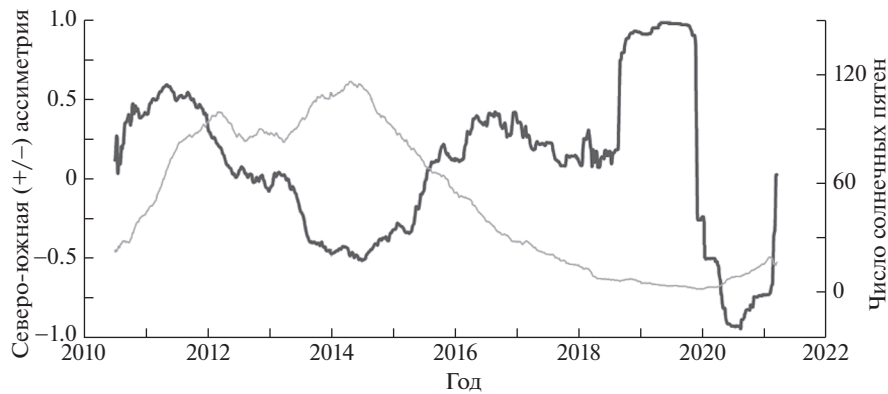
Эффект воспаления в кишечнике, возможно, определяется недостатком системы защиты врождённого иммунитета, который, по И.И. Мечникову, связан с защитным действием фагоцитов, открытым им в 1883 г. и предсказавшим связь фагоцитоза с воспалением. В 1894 г. Мечников в ответ “на реплику знаменитого немецкого микробиолога Ю.Р. Петри, сравнившего фагоцитарную теорию с восточной сказкой, заметил, что учёные должны не фагоцитировать, не пожирать друг друга, а помогать и кооперироваться подобно тому, как это делают фагоциты и антитела” [39, с. 780, 781]. Как тут не упомянуть слова И.В. Гёте при написании им трактата “Учение о цвете” в 1810 г.: “О, этот злобный мир науки!”.

Можно предположить, что к ковидной пандемии могло привести более чем десятилетнее всемирное неприятие, фактически замалчивание [10], уникальных научных результатов работы группы исследователей нобелевского лауреата по биологии и медицине (2008) Люка Монтанье из World Foundation for AIDS Research and Prevention (UNESCO) по созданию вакцины против ВИЧ-инфекции. Кстати, уже 20 апреля 2020 г., то есть в начале эпидемии COVID-19, этот учёный высказал мнение, что ковидный вирус — следствие манипуляции с вирусом СПИДа. Ведь ещё в 1985 г., как раз в год абсолютного за последние столетия пика основной коротковолновой активности Солнца, Монтанье сам расшифровал геном вируса СПИДа, а затем при поисках вакцин для ВИЧ-инфицированных его научная группа неожиданно обнаружила, что после фрагментирования и фильтрации такой вирус способен к самовоспроизводству [10, 40]. При этом происходит процесс строительства его ДНК из оставшихся фрагментов небольшого размера (в лабораторных экспериментах фрагментирование минимально составляло 20 нм), а недостающие фрагменты синтезируются по некоей внутренней программе. В результате воспроизводился сам вирус или его новый мутант. Естественно, это явление, полагали участники работы, не давало возможности получить вакцину от СПИДа. Подобное наблюдалось лишь при отсутствии металлической экранировки, в основном при высоких и сверхвысоких водородразведениях, в фильтрах из культур различных микроорганизмов — не только вирусов, но и ряда бактерий, при этом обычно возникало сопутное радиоизлучение ультранизкочастотного (УНЧ) диапазона на частотах 500–3000 Гц. В работе [40] выдвинуто спорное предположение о связи проблем получения вакцины от вируса СПИДа со способностью некоторых последовательностей ДНК вирусов излучать УНЧ-радиоволны, обнаруженной также у вирусов гриппа и гепатита С. У ВИЧ-инфицированных фиксировалось УНЧ-излучение и при получении антире-

тровирусной терапии (следовательно в их плазме вирусная нагрузка была очень низкой).

Наше исследование показало [13], что все выводы “о неожиданном поведении” ДНК вирусов вполне объяснимы в рамках известных процессов взаимодействия электромагнитного (микроволнового) излучения с водосодержащей средой живого организма, уже количественно рассмотренных с учётом ридберговского возбуждения в ряде биофизических приложений. Явление синтеза ДНК вируса [40] мы объясняем тем, что оно может поддерживаться стимулирующим воздействием микроволнового облучения на ассоциирование молекул воды и биополимеров. Энергия из окружающей среды в микроволновом диапазоне способна стать причиной всех наблюдаемых эффектов в экспериментах [40]. Действительно, квантовомеханические оценки [11, 12] количественно подтвердили вклад поглощения потоков микроволн из ионосферы внутри скин-слоя (толщиной от долей мм до 16 см) до 26% в процесс ассоциатообразования в биорастворах в максимуме магнитной бури, в том числе в человеческом организме. Этот эффект, определяемый большой величиной сродства к протону у молекул воды, в условиях сверхвысоких водных разбавлений (до концентраций  $10^{-15}$ – $10^{-18}$  М) способствует усилению биохимической активности растворённого биокompонента вследствие реализации столкновительной передачи потенциальной энергии от ридберговски возбуждённого водосодержащего ассоциата на заведомо высокоэнергетические уровни биоматериалов, в том числе ДНК, что также влияет на кинетику всех химических реакций, включая ассоциатообразование [11]. В результате в биорастворе, облучаемом микроволнами, возникает всё больше ассоциатов и остаётся меньше отдельных молекул воды, которые, проникая в двойную спираль ДНК, могут способствовать её распаду [41, с. 631].

**Современная пандемия, вариации солнечно-геомагнитной активности и проблема сотовой связи 5G.** Исследование влияния гелиогеофизической активности и ионосферной возмущённости на окружающую среду — междисциплинарная задача. Приведём пример, имеющий прямое отношение к вирусным пандемиям. Почти 60 лет назад биофизик А.М. Молчанов из Пушинского научного центра АН СССР выдвинул гипотезу о резонансной структуре Солнечной системы [42], наиболее сильно проявляющейся как раз в годовой вариабельности солнечной активности (в количестве мощных вспышек). Из этой гипотезы следует, что такая нелинейная колебательная система, как Солнце и его планеты, в процессе длительной динамической эволюции стремится выйти на синхронный режим, в котором частоты отдельных процессов (будь то, например, активность вспышечной деятельности Солнца или из-



**Рис. 1.** Ежедневные суммарные данные, сглаженные за 13 месяцев: профиль северо-южной асимметрии N/S (+/-) для суммарной площади солнечных пятен (чёрная кривая) на фоне индекса числа солнечных пятен (тонкая кривая) с 2010 по начало 2021 г. [46]

менение различных параметров планетной системы) находятся в простых кратных отношениях между собой. Так, казалось бы, незначительное из-за малости энергии гравитационного взаимодействия планетной системы и Солнца по сравнению с энергетикой солнечной активности влияние периодического движения планет на вспышки на Солнце имеет глубокую физическую причину. Определённые Молчановым резонансные направления в Солнечной системе соответствуют обнаруженной путём статистической обработки многолетних данных анизотропии солнечных вспышек [43].

В любой фазе цикла активности Солнца в числе регистрируемых вспышек имеются относительные максимумы, приходящиеся на февраль–март, август–сентябрь, май–июнь, ноябрь–декабрь. Для больших вспышек положение максимумов несколько сдвигается (к июлю для интервала май–июнь и к октябрю для интервала август–сентябрь). Эти выводы согласуются с данными, полученными на отечественной орбитальной научной станции “Салют-6” о заметном усилении эмиссионного свечения ионосферы и полярных сияний с июля по октябрь 1978 г. [28, с. 46], а в дальнейшем подтверждены результатами прямой спектральной регистрации фотометрами Абастуманской астрофизической обсерватории АН Грузинской ССР [44].

Недавно при определении роли солнечных вспышек и геомагнитных бурь в вариациях основных метеопараметров (температуры и атмосферного давления на высокогорной станции “Солнечная” СПбГУ на высоте 2100 м) обнаружено [45], что эффекты проявляются почти в полтора-два раза чаще в июне–июле и сентябре–октябре (соответственно, около 25 и более 30%) при среднегодовой вероятности события за период в два месяца, равной 16.7%. Такой вывод сопоставим с результатами статистического анализа дан-

ных по поглощению космического радишума для более чем 1000 случаев прихода к Земле протонов солнечных космических лучей [43], где также в качестве периодов их преимущественного появления зарегистрированы, наряду с мартом, ещё июнь–июль и сентябрь–октябрь. Именно эти периоды упоминаются как волны в пандемии современного ковида в дискуссиях на страницах еженедельника “Аргументы недели” (ноябрь 2020 г., февраль и август 2021 г.) с участием ведущих российских учёных-эпидемиологов профессора И.А. Гундарова и академика А.Г. Чучалина: март–апрель, конец сентября – октябрь, ноябрь–январь. Гундаров приводит случай с американскими авианосцами, когда во время плавания в автономном режиме на протяжении полугода вдруг возникают вспышки заражения 600–800 человек. Он же на примере вспышек роста числа заражённых в Москве 18–19 и 24–26 июня 2021 г. фактически подтвердил прямую связь COVID-19 и геомагнитных бурь, поскольку 17 и 25 июня были зафиксированы мощные магнитные бури. На всероссийской конференции “Солнечная и солнечно-земная физика” в Пулковской обсерватории РАН в 2021 г. в докладе [46] обратили внимание на необычно высокую асимметрию в избытке суммарной площади и числа групп пятен в одном из солнечных полушарий (рис. 1): сперва 100%-ная с августа 2018 г. и почти до конца 2019 г. – в северном полушарии, а далее резкий переход с конца 2019 г. (близко к 100%-му уровню в мае–июле 2021 г.) в южное полушарие вплоть до большей части первого квартала 2021 г. При участии руководителя синоптической программы Национальной Солнечной обсерватории США доктора А.А. Певцова мы интерпретировали результаты анализа наблюдений корональных дыр по данным Atmospheric Imager Assembly космического аппарата Solar Dynamics Observatory (SDO) [46]. Так как магнитное поле Земли направлено с юга

на север, то, с учётом превалирования полярных корональных дыр в южном полушарии Солнца, это стало причиной повышения геомагнитной активности с появлением мощных магнитных бурь в июне 2021 г.

Примечательно, что 100 лет назад во время пандемии испанского гриппа обнаруживалась, согласно данным сайта <https://www.bis.sids.be/silso>, северная асимметрия в числе пятен на Солнце с середины первого полугодия 1913 до середины 1919 г., сменявшаяся затем почти на два года (с середины второго квартала 1919 по конец первого квартала 1921 г.) на южную. Таким образом, и в те далёкие годы всплеску вирусной пандемии (гриппа) соответствовало преимущественно южное расположение солнечной пятенной активности, подобно COVID-19, когда произошёл резкий, близкий к 100%-му уровню (в мае–июле 2020 г.) переход в южное полушарие с конца 2019 г., длившийся большую часть первого квартала 2021 г. Постепенное ослабление гриппозной эпидемии 1918–1920 гг. произошло при превосходстве пятен в северном полушарии (с середины второго квартала 1919 по конец первого квартала 1921 г.). В свете этих сопоставлений можно ожидать, что уже зафиксированный с DSO (см. рис. 1) феномен возврата избытка суммарной площади и числа групп пятен в конце первого квартала 2021 г. в северное солнечное полушарие является, по-видимому, признаком ослабления текущей гелио-эпидемической ковидной обстановки. В такой ситуации основное электромагнитное давление может оказывать антропогенный микроволновый смог сотовой системы связи. По этому поводу академик А.Г. Чучалин говорит: “Человек выстроил современный мир, изменил всё своё окружение... оказался очень уязвим к тому, что он сам и создал. И в первую очередь это касается его иммунной системы”.

Для нашей работы интересны выводы работы [47] о превалировании роли загрязнения окружающей среды электромагнитными излучениями и полями как основного фактора, влияющего на заболеваемость и уровень смертности от COVID-19. Они основаны на анализе данных о тестировании и массовом развёртывании в странах Европы в 2019–2020 гг. сетей 5G, в том числе в мм-диапазоне. При этом выделяются объекты коммуникационной структуры НАТО со штаб-квартирой в Бельгии, где отмечался особенно высокий уровень смертности от ковида к середине 2020 г. (более 15%), на порядок превышавшей смертность в Белоруссии, Исландии, на Мальте, в России и Словении.

Отечественные специалисты — эксперты профильных госкомиссий — выступили в специально организованной дискуссии [48, 49] против упрощённого подхода к внедрению стандарта 5G в

России. Подчёркивается, что “электромагнитные поля радиочастот нетепловой интенсивности — это раздражитель нервной системы... Что касается защиты, то это только экранирование помещения... Важен именно поглотитель” [48]. “Не надо удивляться, что ежегодно 300 тыс. человек работоспособного населения умирают из-за онкологии. Это — во многом следствие подобного облучения... Разговор должен длиться не более пяти минут, а за сутки — не более получаса” [49].

В мире уже функционируют более 200 млн установок мобильной связи уровня 5G, из них более 60% — в Китае, то есть практически в среде обитания каждой третьей семьи. В России к 2024 г. планируется развернуть полномасштабные 5G-сети с использованием повышенной частоты 4.8–4.99 ГГц, а также ещё более опасного миллиметрового диапазона.

Представленные результаты исследований подтверждают, что периодическое повышение активной жизнеспособности вирусов может быть описано в рамках физики взаимодействия электромагнитного излучения микроволнового диапазона с водосодержащими биорастворами и связано с увеличением потока микроволн в окружающей среде. Поэтому во время пандемии желательно ограждать пациентов из групп риска от облучения микроволновым потоком путём:

- обработки внешних и внутренних стен зданий (больниц, роддомов, детских садов, школ, домов престарелых), а также неметаллических крыш, отражающей/поглощающей микроволны краской и покрытием специальными плёнками стёкол окон;
- ношения специальной двухслойной одежды, имеющей помеховые свойства для прохода внешнего микроволнового потока к телу;
- резкого сокращения времени пользования мобильной связью, использования только гарнитуры, исключения работы в Интернете и недопущения зарядки аккумулятора в жилом помещении.

Эти рекомендации полностью согласуются с мнениями экспертов [48, 49], а главное, с выводами биофизиков: “Основной физический фактор, объясняющий все... изменения в физико-химических системах и показателях организмов при экранировании, обусловлен главным образом их изоляцией от переменных полей — электромагнитного фона (фона радиоволн) в широком диапазоне частот” [50]. При проведении ослабления совокупного внешнего фона микроволн на практике важно создавать условия для ухода от возможности проявления стохастического резонанса, разводя величины потоков разных источников за счёт применения защиты избранного частотного фильтрового качества.

\*\*\*

Итак, мы рассмотрели влияние на живой организм давно известного по наблюдениям с радиопизических обсерваторий спорадического микроволнового излучения ионосферы с длиной волны в области от 1 мм до 10 дм (УВЧ–СВЧ–КВЧ). Поскольку основные потоки микроволн излучаются с ионосферных высот ~100–200 км и более, то эффект от их появления достигает и низких широт, особенно во время магнитных бурь. Это связано с тем, что почти весь микроволновый диапазон практически свободно проникает до нижних слоёв атмосферы и в биосферу (за исключением пяти узких полос поглощения).

С целью выявления роли естественного и антропогенного микроволнового фона (связанного с сотовой связью) в распространении вирусных заболеваний анализируются результаты наших исследований ассоциатообразования в водных биорастворах (в том числе низких концентраций) с учётом воздействия внешних потоков микроволн и индуцированного испускания микроволновых квантов в самой биосреде. Предложено решение проблемы в биоэнергетике, касающейся механизма воздействия электромагнитного излучения (включая микроволновое) на воду в живом организме. При этом использована оригинальная супрамолекулярная физика генерации надмолекулярных структур — кластеров-ассоциатов из молекул воды — под воздействием потоков микроволнового излучения. Его поглощение с возбуждением электрона, нейтрализующего положительный заряд комплексного иона, на ридберговскую орбиталь с более высоким орбитальным квантовым числом увеличивает количество ассоциирующих частиц, так как понижается вероятность проникания ридберговской орбиты в ионный остов, а следовательно, уменьшается вероятность распада образующегося ассоциата.

Все выводы о неожиданном поведении ДНК вирусов вполне объяснимы в рамках известных процессов физики взаимодействия электромагнитного (микроволнового) излучения с водосодержащей средой живого организма с учётом ридберговского возбуждения. Явление синтеза ДНК вируса мы объясняем тем, что оно может поддерживаться стимулирующим воздействием микроволнового облучения из окружающей среды на ассоциирование молекул воды и биополимеров. Квантово-механические оценки количественно подтвердили вклад поглощения потоков микроволн из ионосферы внутри скин-слоя (толщиной от долей мм до 16 см) до 26% в процесс ассоциатообразования в биорастворах в максимуме магнитной бури, в том числе в человеческом организме. Этот эффект, определяемый большой величиной сродства к протону у молекул воды, в условиях сверхвысоких водных разбавлений (до концен-

траций  $10^{-15}$ – $10^{-18}$  М) способствует усилению биохимической активности растворённого биоконпонента вследствие реализации столкновительной передачи потенциальной энергии от ридберговски возбуждённого водосодержащего ассоциата на заведомо высокоэнергетические уровни биоматериалов, в том числе ДНК, что также влияет на кинетику всех химических реакций, включая ассоциатообразование. В результате в биорастворе, облучаемом микроволнами, возникает всё больше ассоциатов и остаётся меньше отдельных молекул воды, которые способны проникать в двойную спираль ДНК и стимулировать её распад.

Рассмотрено влияние на активизацию вирусных пандемий эффекта перманентного усиления микроволновых потоков из окружающей среды. Это не только излучение земной ионосферы, но и антропогенный электромагнитный фон, обусловленный лавинообразным нарастанием микроволнового загрязнения среды обитания при функционировании мобильной сотовой телефонии, бытовой компьютерной техники и систем цифровизации. Прогнозируемое взаимодействие естественных и техногенных источников микроволн резко увеличивает их негативное воздействие на экологическую обстановку. Следовательно, необходимы усилия по резкому сокращению времени пользования мобильной связью и работы в Интернете населения из групп риска, включая учеников средних школ. Данное пожелание авторов согласуется с озабоченностью, высказываемой в последнее время как учителями, так и родителями учащихся, а также с мнением Генеральной прокуратуры РФ.

Предложенные уточнения к рекомендациям экспертов по защите населения с помощью электромагнитного экранирования предполагают развитие биофизических исследований совокупного микроволнового воздействия и в рамках гелиобиологии (на современном этапе падения уровня солнечно-геомагнитной активности), и с учётом резонансных механизмов усиления антропогенной облучённости на коммуникационных частотах.

Авторы выражают глубокую благодарность академикам РАН Г.С. Голицыну, В.А. Драгавцеву, С.Г. Инге-Вечтомову, В.А. Тутельяну и докторам Г. Шмидтке (ФРГ) и А.А. Певцову (США) за поддержку представленной работы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Авакян С.В., Вдовин А.И., Пустарнаков В.Ф. Ионизирующие и проникающие излучения в околоземном космическом пространстве. Справочник. Л.: Гидрометеиздат, 1994.
2. Lockwood M., Frohlich C. Recent oppositely directed trends in solar climate forcings and the global mean sur-

- face air temperature // Proc. Royal Society. 2007. V. 463A. P. 2447–2460.
3. Schmidtke G., Avakyan S.V., Berdermann J. et al. Where goes the Thermospheric Ionospheric GEospheric Research (TIGER) Program go? // Adv. Space Res. 2015. V. 56. P. 1547–1577.
4. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. 2-е изд. М.: Мысль, 1976.
5. Ягодинский В.Н., Александров Ю.В. О цикличности эпидемического процесса при гриппе в связи с периодической солнечной деятельностью // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. 1966. № 10. С. 125–129.
6. Вернадский В.И. Научная мысль как планетное явление. М.: Наука, 1991.
7. Орбели Л.А. Основные задачи и методы эволюционной физиологии. Избранные труды. Т. 1. Вопросы эволюционной физиологии. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1961.
8. Самойлов В.О. Медицинская биофизика. Учебник для вузов. 3-е изд. СПб.: СпецЛит (ВМА), 2013.
9. Сент-Дьёрдьи А. Биоэнергетика. М.: Физматгиз, 1960.
10. Галль Л.Н. Физические принципы функционирования материи живого организма. СПб.: Изд-во Полит. университета, 2014.
11. Авакян С.В., Баранова Л.А. Влияние электромагнитного излучения окружающей среды на ассоциатообразование в водных растворах // Биофизика. 2019. Т. 64. С. 12–20.
12. Авакян С.В. Супрамолекулярная физика окружающей среды: климатические и биофизические эффекты // Вестник РАН. 2017. Т. 87. С. 458–466; Avakyan S.V. Environmental Supramolecular Physics: Climatic and Biophysical Effects // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2017. № 3. P. 276–283.
13. Авакян С.В., Баранова Л.А. Как геокосмос управляет биосферой? 1. Ассоциатообразование в биорастворах крайне низких концентраций в поле микроволнового излучения земной ионосферы. 2. ДНК, ионосферное микроволновое излучение и вода // Материалы XII Международной школы-конференции “Проблемы геокосмоса”. СПб.: Изд-во ВВМ, 2018. С. 284–295.
14. Авакян С.В., Серова А.Е., Воронин Н.А. Роль ридберговских атомов и молекул в верхней атмосфере // Геомагнетизм и аэронавтика. 1997. Т. 37. С. 99–106.
15. Авакян С.В. Микроволновое излучение ионосферы как фактор воздействия солнечных вспышек и геомагнитных бурь на биосферу // Оптический журнал. 2005. № 72. С. 41–48.
16. Авакян С.В. Физика солнечно-земных связей: результаты, проблемы, и новые подходы // Геомагнетизм и аэронавтика. 2008. Т. 48. С. 435–442.
17. Avakyan S.V., Baranova L.A. The influence of microwave radiation from the geocosmos on the state of a living organism // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. V. 853. 012003.
18. Чуян Е.Н., Джелдубаева Э.Р. Низкоинтенсивное миллиметровое излучение: нейроиммунноэндокринные механизмы адаптационных реакций. Симферополь: ИТ “АРИАЛ”, 2020.
19. Авакян С.В. Роль новых процессов высокой пороговой энергии в физике верхних атмосфер планет // Оптический журнал. 2005. № 8. С. 33–41.
20. Gallas J.A.C., Leuchs G., Walther H., Figger H. Rydberg atoms: high-resolution spectroscopy and radiation interaction — Rydberg molecules // Adv.-Atom. Molec. Phys. 1985. V. 20. P. 413–466.
21. Dabrowski I., Herzberg G. The electronic emission spectrum of triatomic hydrogen. 1 // Canad. J. Phys. 1980. V. 58. P. 1238–1249.
22. Nasirpour M.H., Sharifi A., Ahmadi M., Ghoushehi S.J. Revealing the relationship between solar activity and COVID-19 and forecasting of possible future viruses using multi-step autoregression (MSAR) // Environ. Sci. Pollution Res. 2021. V. 28. 38074–38084.
23. Сент-Дьёрдьи А. Введение в субмолекулярную биологию. М.: Наука, 1964.
24. Троицкий В.С., Стародубцев А.М., Бондарь Л.Н. и др. Поиск спорадического радиоизлучения из космоса на сантиметровых и дециметровых волнах // Известия вузов. Радиофизика. 1973. № 3. С. 323–341.
25. Forsyth P.A., Petrie W., Currie B.W. On the origin of ten centimeter radiation from the polar aurora // Canad. J. Res. 1950. V. 28. A 3. 324–335.
26. Бинги В.Н. Принципы электромагнитной биофизики. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011.
27. Буренин А.Н., Клименко В.В., Осипов Н.К., Чернов А.А. СВЧ-эмиссия авроральной ионосферы и овала полярных сияний // Геомагнетизм и аэронавтика. 1981. Т. 21. 367–369.
28. Лазарев А.И., Коваленок В.В., Иванченков А.С., Авакян С.В. Атмосфера Земли с “Салюта-6”. Л.: Гидрометеиздат, 1981.
29. Птицина Н.Г., Виллорези Дж., Копытенко Ю.А., Тясто М.И. Магнитные поля электротранспорта и экология человека. СПб.: Нестор-История, 2010.
30. Авакян С.В., Баранова Л.А. Микроволновые излучения в онкологии: о возможности торможения злокачественного митоза // Актуальные вопросы биологии, физики и химии. 2020. Т. 5. С. 680–688.
31. Davenas E., Beauvais F., Amara J. et al. Human basophil degranulation triggered by very dilute antiserum against IgE // Nature. 1988. V. 333. С. 816–818.
32. Maddox J., Randi J., Stewart W.W. “High-dilution” experiments a delusion // Nature. 1988. V. 334. С. 287–290.
33. Benveniste J. Replies // Nature. 1988. V. 334. P. 291.
34. Стожаров А.Н. Медицинская экология: учебное пособие. Минск: Высшая школа, 2007.
35. Haroche S., Raimond J.M. Radiative properties of Rydberg states in resonant cavities // Adv. Atom. Molec. Phys. 1985. V. 20. P. 347–411.
36. Гуляев Ю.В. Физические поля и излучение человека: новые методы медицинской диагностики // Наука и культура. Избранные лекции. 2009. СПб.: БАН, 2009. С.171–207.
37. Пирожкова С.В. Между крупными достижениями и негативными эффектами // Вестник РАН. 2015. Т. 85. С. 751–754.



38. Черешнев В.А. Экология человека в изменяющемся мире. Пленарный доклад // Всероссийская научно-практическая конференция “Актуальные проблемы защиты и безопасности”. СПб.: РАРиАН, ВМА им. А.Н. Кузнецова, 2018.
39. Пирожкова С.В. Особенности иммунологии как науки и её развитие в России. Обсуждение научного сообщения // Вестник РАН. 2013. Т. 83. С. 780–783.
40. Montagnier L., Aissa J., Del Giudice E. et al. DNA waves and water // J. Phys. Confer. Ser. 2011. V. 306. 012007.
41. Слесарев В.И. Химия: Основы химии живого. Учебник для вузов, 6-е изд. СПб.: Химиздат, 2015.
42. Molchanov A.M. The Resonant Structure of the Solar System. The law of planetary distances // Icarus. 1968. № 1. P. 203–215.
43. Козелов В.П. О сезонном ходе вспышечной активности Солнца // Суббури и возмущения в магнитосфере. Л.: Наука, 1975. С. 274–282.
44. Авакян С.В., Кудряшев Г.С., Фишкова Л.М. Об усилении эмиссии ОI 630 нм свечения ночного неба во время солнечных вспышек // Геомагнетизм и аэронавигация. 1985. № 3. С. 41–419.
45. Avakyan S.V., Voronin N.A., Nikol'sky G.A. Response of atmospheric pressure and air temperature to the solar events in October 2003 // Geomagn. Aeron. 2015. № 8. P. 1180–1185.
46. Андреева О.А., Абраменко В.И., Малащук В.М. Вариации асимметрии в 24-м цикле солнечной активности // Труды XXV Всероссийской ежегодной научной конференции “Солнечная и солнечно-земная физика”. Пулково: ГАО РАН, 2021. С. 35–38.
47. Астафурова М.В., Астафуров В.И. Анализ причин высокой смертности от COVID-19 в некоторых странах Европы // Материалы Всероссийской конференции “Актуальные проблемы биохимии и биофизики”. Севастополь: СГУ–МГУ, 2020.
48. Григорьев О.А. 5G: Вымыслы и правда // Литературная газета. 15–21 июля 2020 г. С. 24–25.
49. Зубарев Ю.Б. В плену невидимой смерти // Литературная газета. 7–18 окт. 2020 г. С. 16–17.
50. Темурьянц Н.А., Владимирский Б.М. Космическая погода и электромагнитное экранирование / Под ред. Н.А. Беловой. Симферополь: Изд-во Крымского федерального университета, 2017.

## ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ КИТАЯ

© 2022 г. В. В. Петушкова

*Институт научной информации по общественным наукам РАН, Москва, Россия*

*E-mail: vladapetushkova@yandex.ru*

Поступила в редакцию 28.12.2021 г.

После доработки 10.01.2022 г.

Принята к публикации 25.01.2022 г.

К рубежу XX–XXI вв. главным препятствием на пути экономического роста КНР стало масштабное разрушение природных комплексов и неэффективное использование ресурсов. Китай был в числе первых стран, которые выразили готовность следовать стратегии ООН, провозглашённой на Конференции в Рио-де-Жанейро (1992), и приняли концепцию устойчивого развития. Главная отличительная черта национальной концепции устойчивого развития — отказ от идеи ограничения экономического роста. Тридцать лет спустя можно говорить не просто об успехах, но об изменении моделей экономического развития, их направленности на ресурсосбережение и учёт экологической составляющей. Опыт Китая на практике доказывает, что стремительный промышленный рост может сопровождаться сбалансированным развитием трёх сфер — экономики, общества, окружающей среды.

*Ключевые слова:* КНР, устойчивое развитие, окружающая среда.

**DOI:** 10.31857/S0869587322040065

Во второй половине XX в. западные учёные, обеспокоенные кризисным состоянием окружающей среды, выдвинули теорию развития общества, включавшую принцип нулевого роста экономики и населения. Своего рода компромиссным вариантом по отношению к модели нулевого роста стал принцип низких темпов экономического роста (согласно этой теории, темпы прироста ВВП не должны превышать 2–3% в год). Но КНР, по мнению китайского учёного Лю Дадао, не может принять модель низких темпов экономического развития, и уж тем более неприемлемой является для Китая модель нулевого экономического роста [1].



ПЕТУШКОВА Влада Валерьевна — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник отдела экономики ИНИОН РАН.

Если бы и развитые и развивающиеся экономики с целью сохранения окружающей среды придерживались концепции нулевого роста, это послужило бы углублению неравенства между ними, консервации бедности и отсталости большинства стран [2]. Ни одна из развивающихся стран не приняла теорию глобального равновесия, содержащую принцип нулевого роста как руководство к действию.

В то же время концепцию устойчивого развития можно рассматривать как своего рода компромисс между дальнейшим экономическим ростом и сохранением окружающей среды. В отличие от теории глобального равновесия, выдвинутой Римским клубом, устойчивое развитие не предполагает отказа от экономического роста. Можно сказать, что центральная идея этой концепции — развитие, улучшение качества жизни, ликвидация бедности и разрыва в условиях существования богатого Севера и бедного Юга. Другое дело, что достижение перечисленных целей должно предусматривать минимизацию ущерба и издержек для окружающей среды. Основопологающая идея концепции устойчивого развития заключается в комплексном решении экономических, социальных и экологических проблем.

В проекте концепции устойчивого развития, прозвучавшем на Конференции ООН 1992 г. по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро) и принятом на этой конференции, не было отказа от экономического роста, а проблема неравенства в уровне развития разных стран была выдвинута едва ли не на первый план. Говорилось о том, что поскольку речь идёт об устойчиво развивающемся мировом сообществе, а не только о богатых западных странах, то проблема неравенства может быть решена при условии экономического роста стран третьего мира, а не его консервации. Нужно лишь изменить качественные параметры этого роста. Выдвигалась также идея о некотором перераспределении ресурсов в пользу бедного Юга. Концепция устойчивого развития представляется более справедливой по отношению к странам третьего мира и, несомненно, намного более привлекательной для КНР.

Стоит обратить особое внимание на то, что Китай в силу специфики своего исторического развития и прежде всего демографической ситуации раньше других стран, а именно уже к концу XX в., по многим показателям вплотную подошёл к пределу возможности использования природных ресурсов и антропогенного давления на окружающую среду. Ситуация, сложившаяся в КНР к этому времени, — это своего рода гигантский эксперимент, поставленный самим ходом истории этой страны, — эксперимент, результаты которого могут помочь человечеству в поисках путей выхода из глобальной кризисной ситуации [3, с. 23].

## ПРИНЯТИЕ КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ В КНР

Правительство КНР придало большое значение Конференции ООН по окружающей среде и развитию 1992 г. Китайская сторона выступила на ней с “Докладом об окружающей среде и развитии в Китае”, созвучным с названием конференции, а по сути, отразившим главные проблемы социально-эколого-экономического порядка [4]. Обращают на себя внимание подзаголовки (разделы) доклада, в которых практически сформулирована и отражена соответствующая проблематика. Процитируем некоторые из них [5].

1. Загрязнение атмосферы, вызываемое сжиганием угля, продолжает оставаться серьёзной проблемой, поскольку представляется сложным изменить структуру энергетики, основу которой составляет уголь.

2. Борьба с промышленным загрязнением — труднейшая задача. В ближайшее время едва ли можно кардинально изменить отставание в области борьбы с загрязнением.

3. Вследствие по-прежнему сохраняющегося противоречия между стремительной урбанизацией и отсталой инфраструктурой городов качество окружающей среды в городах частично может улучшиться, однако трудно говорить об улучшении его в целом.

Таким образом, представители КНР, отмечая серьёзность экологических проблем, присущих Китаю, вынуждены были признать значительное отставание страны от развитых стран в их решении. В докладе говорилось также о технологической отсталости китайской промышленности. Техническая оснащённость большей части промышленных предприятий на тот период соответствовала уровню 1950–1960-х годов. Следствием этого являлась высокая энерго- и ресурсоёмкость, низкая эффективность, отсутствие или неэффективность очистных сооружений, что обуславливало высокий уровень выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду. Переоснащение предприятий, строительство очистных сооружений и осуществление проектов по охране окружающей среды требуют значительных затрат. Между тем государственные ассигнования на эти цели составляли в тот период лишь 0.7% ВВП [6, с. 40–43], причём увеличить их не представлялось возможным, прежде всего в силу низкого подушевого ВВП.

В докладе говорилось о высокой международной задолженности КНР, которая не позволяла думать о возможности найти средства на техническое переоснащение промышленности, которое специалисты оценивали в сумму 200 млрд юаней [5]. Далее следовал вывод о том, что Китаю с финансовой точки зрения не под силу осуществить широкомасштабное внедрение достижений науки и техники, которое позволило бы существенно изменить ситуацию с загрязнением окружающей среды [5].

Доклад, с которым представители КНР выступили на конференции в Рио, в общем и целом давал достаточно пессимистичную оценку эколого-экономической ситуации в стране. С одной стороны, китайская сторона признавала всю серьёзность ситуации и не скрывала своей обеспокоенности по этому поводу. С другой стороны, ощущалось, что в КНР испытывают некую растерянность и рассчитывают на помощь мирового сообщества, как бы признавая сложность решения этой проблемы своими силами.

Одним из важнейших итогов работы конференции ООН стало принятие, в числе нескольких других, документа, названного “Повестка дня на XXI век” (Agenda-21), подготовленного Комиссией ООН по окружающей среде и развитию. Повестка основывалась на концепции устойчивого развития и предлагала комплексный подход и широкий спектр мер по упорядочению системы

общество—экономика—окружающая среда. В документе были конкретно прописаны основные направления деятельности, относящиеся ко всем сферам жизни общества, что могло бы помочь странам, находящимся на разном уровне развития, найти свой путь в новом столетии [7]. На конференции прозвучал призыв ко всем странам мира признать “Повестку дня на XXI век” как основополагающий документ и способствовать внедрению положений концепции устойчивого развития в свои программы социально-экономического развития. КНР стала первым государством, выразившим готовность следовать концепции устойчивого развития [4], и немедленно приняла её в качестве основы национальных планов экономического роста. В 1992 г. правительство страны издало десять указов, которые ориентировали Китай на достижение целей устойчивого развития [8]. Тогда же началась работа над национальной повесткой дня на XXI в., к которой были подключены почти все государственные министерства и ведомства.

Решение о создании программы “Китайская повестка дня на XXI век” — “Белая книга по вопросам народонаселения, окружающей среды и развития Китая в XXI веке” (сокращённо именуется “Белой книгой”) было принято на 23-й сессии Комитета по защите окружающей среды Госсовета КНР, проходившей 2 июня 1992 г. Рабочую группу по подготовке документа возглавили Государственная плановая комиссия и Государственный комитет по науке и технологии, в её состав вошло 52 министерства и ведомства (агентства), а также общественные организации [4]. Проект документа, сформированный к апрелю 1993 г., включал 40 глав. После обсуждения и внесения поправок и дополнений, поступивших не только от китайских министерств и ведомств, но и от зарубежных экспертов, работа над документом завершилась. Программа развития ООН (UNDP) оказала финансовую и консультационную помощь в разработке “Китайской повестки дня на XXI век” [4], которая была утверждена на сессии Исполкома Госсовета КНР 25 марта 1994 г. [9]. В окончательном варианте документ содержит 20 глав, в нём определено 78 программ, охватывающих различные сферы деятельности.

Главы документа можно условно распределить между четырьмя основными направлениями. Первое направление посвящено определению общей стратегии устойчивого развития КНР (главы с 1 по 3, а также 5, 6 и 20). Второе направление касается различных аспектов устойчивого развития общества (главы с 7 по 10 и глава 17), третье — вопросов устойчивого развития экономики (главы 4, 11, 12, 13), четвёртое — имеет прямое отношение к рациональному природопользованию и защите окружающей среды (главы 14, 15, 16, 18 и 19) [4].

Дополнением и составной частью “Китайской повестки дня на XXI век” стала Программа приоритетов, в которой определены основные направления движения по пути к устойчивому развитию [10]. Эта программа предполагала решение насущных проблем в таких областях, как оптимизация численности населения, сохранение природных ресурсов и окружающей среды, развитие, просвещение и повышение уровня сознательности граждан [10]. Стратегия устойчивого развития была положена в основу коррекции государственных планов в экономической и социальной сферах.

17 марта 1996 г. 4 сессия ВСНП КНР 9 созыва приняла “Основы девятого пятилетнего плана социального и экономического развития страны и долгосрочные цели на 2010 год”. Этим документом устойчивое развитие утверждено в качестве ведущего принципа для страны, были приняты и чётко определены решения по претворению в жизнь этой стратегии [11]. Взяв за основу “Китайскую повестку дня на XXI век”, многие провинции, автономные области и муниципалитеты приступили к разработке своих собственных местных планов действий. В том же направлении работали различные министерства — по отношению к тем сферам, за которые они отвечают [11].

#### КИТАЙСКАЯ ТРАКТОВКА КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Важно отметить, что китайская трактовка основной идеи концепции устойчивого развития довольно специфическая и весьма отличается от трактовки, ставшей, можно сказать, ортодоксальной. На Конференции в Рио-де-Жанейро возможность дальнейшего экономического роста была признана лишь с рядом оговорок и ограничений. Высказывались предостережения в отношении безудержного экономического роста. Было признано, что одно из фундаментальных требований новой модели развития цивилизации — отказ мирового сообщества от экономического стереотипа, в рамках которого неограниченный рост экономики с целью повышения уровня жизни населения рассматривается как прогресс. Тем не менее в национальной программе устойчивого развития Китай выдвигает на первый план именно задачу дальнейшего экономического роста, причём с высокими темпами — 8–9% ВВП в год [4].

Подобная позиция обосновывается следующим образом: “Китай — развивающееся государство, поэтому на первом плане стоит задача развития. Без экономического развития нет и материальных возможностей для осуществления политики защиты окружающей среды, её созидательного преобразования. Как и для других развивающихся стран, предметом особой заботы и самой насущной потребностью для КНР является

быстрое экономическое развитие. Только в условиях ускоренного стабильного экономического развития можно обрести способность к эффективной защите и улучшению условий окружающей среды как в Китае, так и во всём мире” [12].

Китайское понимание идеи устойчивого развития можно проиллюстрировать цитатой из “Национального доклада по устойчивому развитию” [11], подготовленного в 1997 г. к очередной конференции ООН по окружающей среде и развитию: “Социальное и экономическое развитие является краеугольным камнем устойчивого развития. Исторический опыт привёл нас к убеждению в том, что устойчивое развитие не может быть достигнуто, если народ живёт в отсталости и бедности. Китай должен твёрдо считать приоритетом и задачей первой важности развитие национальной экономики — с целью ликвидации бедности и повышения жизненного уровня народа... Экономическое развитие представляет собой материальную основу для любых начинаний в стране и является фундаментальной гарантией достижения взаимоувязанности проблем, касающихся народонаселения, ресурсов, окружающей среды и экономики” [11].

В первые годы после принятия концепции экономический рост обеспечивался главным образом за счёт прежней устаревшей промышленной базы с крайне высокой энерго- и ресурсоёмкостью. Следовательно, экономическое развитие должно было осуществляться по преимуществу согласно ресурсоёмкой, природоразрушающей модели. Не противоречит ли подобная практика самой идее принятия КНР концепции устойчивого развития?

Национальная теоретическая модель устойчивого развития предполагала определённую последовательность этапов. В соответствии с ней начальный этап, действительно, сопряжён с возрастанием нагрузки на окружающую среду. Но благодаря этому в бюджете страны должны появиться дополнительные средства — прежде всего на техническое перевооружение промышленности, которое будет проводиться исходя из современных требований экологической безопасности [13]. Эти средства позволят, кроме того, повысить жизненный уровень населения, осуществить природоохранные мероприятия. Тем временем, как ожидалось, стабилизируется ситуация с ростом населения (контроль роста населения был заложен в планы устойчивого развития КНР) [4]. По завершении первого этапа преобразований Китай сможет перейти к приближенному к классическим западным моделям типу устойчивого развития [14].

Возникает вопрос, не следует ли Китай по пути, уже пройденному развитыми странами: сначала хищническая эксплуатация природных ре-

сурсов в интересах экономического роста, затем охрана окружающей среды с использованием накопленного капитала? Отличие состоит главным образом в том, что на Западе после принятия концепции устойчивого развития экологическая составляющая признаётся одним из главных приоритетов, заложена в планы социально-экономического развития и во многом определяет его дальнейшую перспективу. КНР придерживается национальной модели устойчивого развития, приоритетом которой остаётся экономический рост. В то же время бюджетные отчисления на цели охраны природы за достаточно короткий срок (1993–1999) увеличились с 0.7 до 1.1% ВВП [15]. По этому показателю Китай быстро догнал развитые страны мира, где на природоохранные цели расходуется 1–2% ВВП [6]. В 1990-е годы КНР удалось осуществить ускоренное обновление и модернизацию основных фондов, наметилась тенденция к росту сферы услуг. Её доля за последнее десятилетие XX в. выросла с 31.3 до 34.0%, что привело в дальнейшем к сервисизации китайской экономики и снижению нагрузки на окружающую среду [16].

Вступление на путь устойчивого развития, как пишет в своей статье Чжоу Цзи [17], знаменовало собой принципиально новый этап в истории Китая. В “Белой книге” отмечается, что на этом этапе создаётся новая модель социально-экономического развития, призванная заменить прежние модели, не отвечающие требованиям устойчивости. Страна переживала коренную перестройку по двум направлениям. Одно из них — переход от плановой экономической системы к рыночной социалистической экономике. Другое — трансформация экстенсивной модели экономического роста в интенсивную.

В ходе реформ разработчикам китайской версии устойчивого развития представлялось важным координировать экономическую и социальную динамику с устойчивым использованием природных ресурсов и с защитой окружающей среды таким образом, чтобы текущее развитие обеспечивало основы для будущего [18]. Устойчивое использование природных ресурсов и поддержание жизнеспособных экосистем определяются как две наиболее важные основы устойчивого развития.

Немалое значение придавалось повышению уровня компетентности граждан. В китайском Национальном докладе по устойчивому развитию 1997 г. говорилось, что “следует обратить особое внимание на приведение в соответствие общественного самосознания и стратегии устойчивого развития” [11]. Речь шла о внедрении в массовое сознание целостного восприятия и понимания людьми взаимоотношений человека и природы. Устоявшиеся стереотипы производства

и потребления и сложившийся образ мышления предполагалось изменить в соответствии с новыми ценностями, основу которых составляет концепция устойчивого развития.

На Западе уже в 1970-е годы проблемам окружающей среды уделялось серьёзное внимание, в то время как в КНР в те годы предпринимались лишь первые шаги в этом направлении, на природоохранные цели выделялись очень скромные средства, и это не приносило видимых результатов. Переломный этап наступил в начале 1980-х годов. Именно тогда охрана окружающей среды была официально объявлена элементом государственной политики, был провозглашён и стал применяться на практике принцип “согласования трёх выгод” — экономических, социальных, экологических, причём все три признавались равнозначимыми [19, с. 40]. Этот принцип настолько созвучен основной идее концепции устойчивого развития, что может служить ключом к её пониманию вплоть до настоящего времени. Выдвижение принципа “согласования трёх выгод” в тот период означало, что задачи сохранения и восстановления окружающей среды объявлялись руководством страны столь же важными, как и задачи экономические.

Китайское правительство стремилось к ускоренной трансформации модели экономического роста, внедрению новейших научных и технических достижений. Последовало принятие серии стратегических принципов и мер, ориентированных на взаимную координацию целей экономического и социального развития с целью сохранения природных ресурсов и окружающей среды. Отчётливо прослеживались попытки использования комплексного подхода к решению задач единого развития различных сфер жизни общества. Однако на практике природоохранная политика и меры по борьбе с разрушением и загрязнением окружающей среды оставались лишь отдельным направлением государственной политики, их привязка к экономической и социальной сферам была весьма относительной. Тем не менее государственную политику КНР, направленную на сохранение природной среды, отличает рациональность и нестандартность подходов. Элементы природоохранной политики в дальнейшем составили органическое целое с концепцией устойчивого развития и самим фактом своего существования способствовали её принятию.

Особенности природоохранной политики в КНР, начиная с 1980-х годов, определяли следующие составляющие:

- достаточно хорошо развитая законодательная база;
- создание и развитие системы государственного надзора за состоянием окружающей среды;

- научно-техническое обеспечение вопросов охраны окружающей среды (в том числе проведение научных исследований);

- государственное финансирование природоохранных мероприятий;

- проведение работы с населением, направленной на изменение психологии людей, их отношения к окружающей среде.

Все эти сферы нашли своё отражение в “Белой книге”, а главы, посвящённые охране окружающей среды, во многом строятся именно на их обосновании. Рассмотрим более подробно перечисленные выше составляющие.

### ИЗМЕНЕНИЕ ПРИРОДООХРАННОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В КНР ПОД ВЛИЯНИЕМ КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Основы природоохранного законодательства Китая были заложены в 1980-х годах, причём принципы, определявшие природоохранную политику, отражены в Конституции страны и в Законе КНР об охране окружающей среды [19, с. 10, 48]. Законодательная система Китая содержит ряд нестандартных подходов к решению экологических проблем. При реализации концепции устойчивого развития одной из основных задач стал пересмотр, изменение и дополнение законодательства в соответствии с новыми принципами [8].

К числу достоинств китайского природоохранного законодательства можно отнести его универсальность: оно оказывается приемлемым в условиях существования двух в корне отличных по методам и структуре управления секторов экономики — государственного и частного. В законодательстве предусмотрены различные способы воздействия на тех, от кого в первую очередь зависит состояние окружающей среды в КНР: чиновников разного уровня и руководителей государственных предприятий, с одной стороны, и владельцев частных предприятий — с другой.

В отношении руководителей госпредприятий наиболее действенными оказываются такие санкции, как снятие с должности и конфискация личного имущества. Что касается руководителей частных предприятий и их владельцев, то здесь вступают в силу другие методы регулирования. Законы предполагают значительные штрафы за ущерб, нанесённый окружающей среде. Это не слишком волнует руководителей госпредприятий, выплачивающих штраф не из собственного кармана, но для частных предпринимателей такая мера оказывается эффективной. В китайской системе штрафных санкций действует принцип “Кто загрязнил, тот и приводит в порядок”, причём средства, которые приходится вкладывать на-



рушителям в ликвидацию последствий загрязнения, произведённого их предприятиями, могут зачастую во много раз превышать сумму штрафа [12].

Следует отметить, что на практике подходы к воздействию на частных предпринимателей не всегда были эффективны: во-первых, в силу слабого развития системы контроля загрязнения окружающей среды, во-вторых, вследствие низких налоговых ставок [20]. Основной упор делался на штрафные санкции, что же касается мер поощрения (льготное целевое кредитование компаний, налоговые льготы для тех компаний, которые используют передовые природосберегающие технологии), то до принятия концепции устойчивого развития китайская природоохранная политика их практически не предусматривала.

В “Белой книге” методы поощрения были подробно разработаны, что явилось дополнением к штрафам, санкциям и предписаниям действовавшего законодательства. В числе мер поощрения отметим следующие:

- систему налоговых льгот для предпринимателей и предприятий, которые осуществляют различные мероприятия, отвечающие интересам сохранения окружающей среды [11];
- предоставление более привлекательных процентных ставок в отношении кредитов, выделяемых на проекты, связанные с защитой окружающей среды, а также на проекты, в основе которых лежит использование и пропаганда современных высоких технологий;
- поощрение государством местных властей и предприятий к расширению использования иностранного капитала в решении проблем, связанных с защитой окружающей среды [11].

В 1980-х годах, когда закладывались основы природоохранного законодательства, в подавляющем большинстве китайские предприятия оставались производствами старого типа, соответствовавшими экстенсивной модели экономики. В то же время предпринимались усилия для того, чтобы все новые предприятия строились с учётом в том числе и экологических требований. В КНР ни один завод не может быть построен без предварительной экологической экспертизы проекта [19, с. 66]. Казалось бы, это даёт определённые гарантии того, что предприятия, не отвечающие современным требованиям, не будут возводиться. Тем не менее в специальных экономических зонах, где шло интенсивное промышленное строительство, этот принцип зачастую нарушался, используемые новыми предприятиями технологии не отвечали экологическим требованиям [19, с. 18]. Вследствие этого экономический рост сопровождался многократно увеличивавшимся загрязнением окружающей среды. Несмотря на то, что За-

кон об охране окружающей среды запрещает ввоз экологически несовершенного оборудования из-за рубежа, потребовались дополнительные правовые механизмы для установления экологического контроля над специальными экономическими зонами и открытыми портами. В 1986 г. были приняты “Правила управления и контроля охраны окружающей среды в районах, открытых для иностранных капиталовложений” [19, с. 101].

После Конференции ООН в Рио-де-Жанейро в Китае был пересмотрен ряд законов, имевших целью предотвращение разрушения и загрязнения окружающей среды. К их числу относятся: Закон КНР по сохранению водных и почвенных ресурсов, Закон земельной администрации КНР, Закон КНР о предотвращении и контроле загрязнения атмосферы. Были также изданы Закон КНР по сельскому хозяйству, Закон КНР о популяризации агротехнологий, Закон КНР по контролю и предотвращению загрязнения окружающей среды твёрдыми отходами [11].

Закон КНР о предотвращении и контроле загрязнения атмосферы был пересмотрен и опубликован в новой редакции, которая предусматривает экспериментальный подход к поэтапному усилению контроля выбросов в атмосферу загрязняющих веществ в городах на основе системы лицензирования. В 2000 г. он был повторно пересмотрен с целью ужесточения штрафных санкций [20]. Конкретные действия были предприняты для реализации положений Венской конвенции по защите озонового слоя и Монреальского протокола по сокращению производства и использования озоноразрушающих веществ. Правительство КНР придаёт огромное значение Рамочной конвенции ООН по изменению климата. Китай принял активное участие в деятельности по реализации положений конвенции и предпринимает меры по предотвращению увеличения эмиссии в атмосферу парниковых газов [11].

В связи с принятием концепции устойчивого развития совершенствовалось законодательство, имеющее отношение к контролю загрязнения морей и прибрежной зоны [11]. Согласно принятым предписаниям, под защиту были поставлены морские экосистемы, рыбные ресурсы, морские виды, находящиеся под угрозой исчезновения, с этой целью определены границы морских природных заповедников (резерватов). Усилился экологический мониторинг, в связи с чем улучшилась охрана прибрежной зоны. Велась работа по так называемому устойчивому использованию морских ресурсов, применялась стратегия искусственного их восстановления (искусственное разведение рыб, креветок, устриц, морской капусты и т.д.) [11].

## УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ КНР НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

В третьем десятилетии XXI в. Китай остаётся “всемирной фабрикой”, причём номинальный ВВП страны с 2000 по 2019 г. вырос почти в 10 раз при сравнительно низкой инфляции [21]. Положение в природоохранной сфере страны остаётся весьма сложным, тем не менее экологической катастрофы планетарного масштаба по вине Китая, которую предрекали на рубеже веков, не произошло. Концепция устойчивого развития, использование международного опыта в решении задач экономики, социальной сферы и окружающей среды способствовали лучшему осмыслению и выработке эффективных подходов во всех этих областях. Как отмечалось выше, концепция устойчивого развития была созвучна государственной политике Китая и стала органичной частью планов экономического развития страны, ликвидации бедности, преодоления технологического отставания, сохранения природы.

В сентябре 2019 г. в штаб-квартире ООН был представлен Отчёт о ходе реализации “Повестки дня в области устойчивого развития Китая на период до 2030 года”. Этот документ был интегрирован в 13-й пятилетний план КНР, который реализовывался с 2016 по 2020 г. и получил обновлённое продолжение в выполняемом сейчас 14-м пятилетнем плане. Чтобы превратить концепцию в действия, китайское руководство использовало всеобъемлющий подход на основе комплексных стратегий развития, межведомственной координации, а также пилотных проектов инновационных решений. Например, в начале 2016 г. был создан межведомственный координационный механизм с участием 45 правительственных ведомств; 17 целей и 169 задач были распределены между различными департаментами в соответствии с их административными обязанностями [22].

“К чести Китая страна фокусируется на устойчивом развитии в условиях, когда объём производства на душу населения едва превышает одну треть от уровня в так называемых странах с развитой экономикой. Относительно бедная страна сделала сознательный выбор, чтобы сместить акцент с количественных показателей экономического роста на его качество. В условиях изменения климата здесь и сейчас легко упустить из виду важные признаки прогресса. Китай, крупнейший в мире эмитент парниковых газов, является тому примером. Изменяя экономическую модель, замещая источники топлива, разрабатывая новые транспортные системы и ориентируясь на экологически чистую урбанизацию, стратегия устойчивого развития Китая стала примером глобального лидерства, к которому остальной мир должен

внимательно присмотреться”, — считает исследователь Йельского университета С.С. Роуч [23].

При обсуждении китайской модели устойчивого развития на первый план неизменно выходит социальная составляющая. Благодаря экономическому подъёму около 700 млн человек в Китае выбрались из нищеты, и страна прилагает усилия к тому, чтобы обеспечить оставшимся 50 млн бедняков достойный уровень жизни с помощью целенаправленных политических мер [22]. Китай взял на себя обязательство искоренить крайнюю нищету к 2020 г., однако пандемический кризис внёс коррективы в планы борьбы с бедностью во всём мире, усугубив проблемы безработицы и неравенства. Важной социальной задачей устойчивого развития в Китае остаётся сокращение разрыва между городским и сельским населением, между различными регионами с точки зрения развития инфраструктуры наряду с расширением сети социального обеспечения и улучшением универсальной государственной службы.

Поворот КНР к устойчивому развитию в конце 1990-х годов не в последнюю очередь был связан с чрезвычайным положением в экологическом состоянии аграрной сферы, а следовательно, с угрозой продовольственной безопасности. К середине 1990-х годов кумулятивное воздействие неэффективных и неустойчивых методов ведения сельского хозяйства и чрезмерная эксплуатация природных ресурсов вызвали широко распространённую деградацию земель, что привело к засухам и наводнениям, многочисленным потерям и нищете сельского населения. С 1998 г. государство резко расширило инвестиции в устойчивое развитие сельских районов. До 2015 г. более 350 млрд долл. было инвестировано в 16 программ по оздоровлению более 620 млн га, то есть 65% пахотной площади Китая [24].

Результаты программ, реализованных в сельском хозяйстве, в целом оценивались как положительные. Обезлесение сократилось, лесной покров теперь достигает 22% территории страны. Луга расширились и восстановились. Во многих районах удалось обратить вспять процессы опустынивания. Несмотря на то, что расширение пустынь во многом связывают с изменением климата, усилия по восстановлению земель оказались эффективными. Эрозия почв значительно сократилась, седиментация в водоёмах уменьшилась, заметно улучшилось качество воды в реках. Производительность сельского хозяйства возросла благодаря повышению эффективности труда и технологическому прогрессу, голод в сельских районах был в значительной степени преодолен [24].

В Конституции КНР закреплено понятие “экологическая цивилизация”, и в обществе фор-

мируется отношение к природным ресурсам как к “бесценным активам”. В ответ на изменение климата китайское правительство развивает низкоуглеродные отрасли, такие, как использование возобновляемых источников энергии, и создаёт “низкоуглеродные города” с экологически чистым транспортом. Однако Китай пока не может отказаться от традиционно высокой зависимости энергетики от угля. Именно высокая доля угля в энергетическом балансе служит основной причиной загрязнения атмосферы китайских городов. Доля угля в производстве электроэнергии снизилась с 72.9% в 2000 г. до 68.6% в 2019 г. [25]. Уголь постепенно замещают новые источники энергии, получившие особое развитие в последнее десятилетие: атомная энергетика (5%), энергия ветровых генераторов (5%), солнечных батарей (3%), а также биотоплива (2%) [26]. Одной из важных задач считается реализация перспективного плана, который должен вывести Китай на первое место в мире по производству электроэнергии на АЭС до 2030 г. Развитие атомной энергетики соответствует китайской стратегии устойчивого развития, позволяет преодолеть дефицит ресурсов, загрязнение атмосферы, противостоять изменениям климата [27].

Техногенное загрязнение атмосферы было и остаётся серьёзной проблемой китайских городов. Значительный риск для здоровья людей представляет содержание в воздухе мелких взвешенных частиц размером менее 2.5 мкм (PM 2.5). Как показали официальные измерения, проведённые в Пекине 12 января 2013 г., содержание PM 2.5 тогда достигало рекордных 993 мкг на кубический метр по сравнению с максимально рекомендованными ВОЗ 25 PM 2.5 [26]. Но к 2020 г., как отмечалось в Докладе о реализации повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года, качество воздуха в китайских городах заметно улучшилось, произошло значительное сокращение выбросов основных веществ, загрязняющих атмосферу, средняя по стране концентрация PM 2.5 составила 33 мкг на кубический метр [28, p. 24].

Примечательно, что Китай лидирует в мире по использованию неуглеродных возобновляемых источников энергии, таких как ветровая, солнечная и геотермальная, а также биомасса. Хотя такие источники по-прежнему составляют небольшую долю от общего потребления первичной энергии, ежегодно их использование увеличивается на 25%. В 2018 г. потребление энергии из возобновляемых источников в КНР было на 38% больше, чем в Соединённых Штатах, и в 3 раза больше, чем в Германии. Если Китай и дальше будет следовать этому пути, то к 2025 г. доля возобновляемых источников в общем потреблении энергии в стране может достичь 20% [23]. В перспективе следует ожидать укрепления пози-

ций Китая в качестве производителя оборудования для низкоуглеродных технологий. Как признал Всемирный экономический форум, “переход к производству и транспортировке энергии с нулевым уровнем выбросов означает, что ключевым станет новый набор полезных ископаемых” [29]. Что касается этих новых для энергетики элементов, то Китай является мировым лидером в добыче нескольких главных ресурсов, необходимых для производства солнечных батарей, аккумуляторов, используемых для транспорта, и других “зелёных” технологий. Среди них: химический литий (50% мирового производства), поликремний (60%), редкоземельные металлы (70%), графит (70%), кобальт (80%) и редкоземельные элементы (90%) [29, p. 31].

За годы, прошедшие со времени принятия концепции устойчивого развития, в Китае значительно повысилась эффективность использования ресурсов. Это наглядно видно хотя бы по тому, насколько уверенно Китай уже в 2005 г. обогнал США по эффективности угольных ТЭС [30, p. 240]. Как отмечалось в Докладе о реализации повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года, благодаря проводимым мероприятиям также заметно улучшилось качество воды. К концу 2020 г. доля поверхностных вод хорошего или удовлетворительного качества выросла до 83.4%; качество воды на всех участках магистрального течения реки Янцзы впервые достигло II категории; 82.3% прибрежных вод Бохайского моря были хорошего или среднего качества. Доля озёр, достигших категорий I, II и III по прозрачности воды, увеличилась с 90.1% в 2015 г. до 92.5% в 2019 г. [28].

Изменению характеристик техногенного воздействия на окружающую среду способствовала заметная сервисизация экономики КНР, наблюдавшаяся в последние 20 лет. В 2000 г. вторичный сектор ВВП Китая, включающий в основном обрабатывающую промышленность, а также строительство и коммунальные услуги, составлял около 45.5% ВВП, в то время как третичный сектор, или сектор услуг, — 39.8%. К 2019 г. картина принципиально изменилась: 39.0% ВВП — доля вторичного сектора и 53.9% — доля сферы услуг. Для крупных экономик структурные изменения такого масштаба за столь короткий период практически беспрецедентны [31], кроме того это косвенно свидетельствует о возросшей эффективности промышленного производства, его ускоренной модернизации.

Пандемия COVID-19 затормозила реализацию концепции устойчивого развития и осуществление программы “Повестка дня на период до 2030 года” во всём мире. В современной версии китайской концепции устойчивого развития важное место принадлежит противостоянию панде-

мии: “Китай успешно преодолевает проблему пандемии и улучшил управление общественным здравоохранением. Ставя людей и их жизнь выше всего, Китай добился крупных стратегических достижений в борьбе с COVID-19 и защитил права людей на жизнь и здоровье. Китай увеличил инвестиции в инфраструктуру общественно-го здравоохранения и создал крупнейшую в мире систему социальной защиты с базовым медицинским страхованием, охватывающим более 1.3 миллиарда человек”, — говорится в Докладе о реализации повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года [32].

\* \* \*

КНР можно признать одним из мировых лидеров в реализации концепции устойчивого развития, опыт Китая является уникальным и самобытным. За последние пять лет экономические показатели Китая были в целом стабильными, а ВВП вырос с менее чем 70 трлн юаней до 100 трлн, что является историческим достижением. Совершенствовалась экономическая структура, добавленная стоимость третичного сектора (услуги) увеличилась с 51.6% до 54.5% ВВП; в городах было создано более 60 млн новых рабочих мест. Устойчивый прогресс был достигнут в области развития инфраструктуры и новых видов транспорта. Китаю удалось успешно противостоять пандемии COVID-19, в 2020 г. он был единственной крупной экономической державой в мире, которая достигла положительного экономического роста с приростом ВВП на 2.3%, что само по себе стало вкладом в глобальное восстановление экономики [28].

Благодаря государственной политике ресурсосбережения и охраны окружающей среды, проводимой в рамках реализации национальной стратегии устойчивого развития, достигнуты качественные перемены в экономике, направленные на достижение целей в области экологии. Земельные ресурсы находятся под защитой и используются более продуктивно, чем прежде, состояние водных ресурсов и атмосферы в целом поставлено под контроль, неуклонно снижается уровень основных загрязняющих жизнеобеспечивающие элементы окружающей среды веществ. Региональные планы “зелёного” развития формируются более быстрыми темпами, получила распространение практика создания экогородов с улучшенным транспортом. Развиваются низкоуглеродные направления энергетики, электроэнергия используется более эффективно. За последние 20 лет в Китае произошли всеобъемлющие изменения в области сохранения окружающей среды, заложившие прочную основу для фундаментального улучшения экологической ситуации в стране и реализации целей устойчивого развития. Наряду

с усилиями по улучшению положения внутри страны, Китай вносит вклад в глобальное экологическое управление в качестве активной заинтересованной стороны, твёрдо приверженной международному сотрудничеству и Парижскому соглашению по климату.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лю Дадао. Чжунго вэйлай 25 неньдэ хуаньцзин вэйцзи ди дуйцэ//Люйсэ чжаньлюе / Под ред. Ли Чжэндао. (Кризис окружающей среды в ближайшие 25 лет и стратегия его преодоления). Циндао: Циндао чубаньшэ, 1997. С. 118–126.
2. Гвишиани Д.М. Римский клуб: история создания, избранные доклады, официальные материалы. М.: УРСС, 1998.
3. Петушкова В.В. Противоречие экономики и экологии КНР в 1990-е годы XX века. Рукопись деп. в ИНИОН РАН. М., 2008.
4. White Paper on China's Population, Environment and Development in the 21st Century (China's Agenda 21) // China Environmental Sciences Press. Beijing, 1994. Preamble. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12288811/> (дата обращения 15.11.2007).
5. Степанова Г.А., Минаков Ю.В. Экологические проблемы и экономическое развитие в Китае // Экспресс-информ № 8. М.: ИДВ РАН, 1993.
6. Цзю Гэпин. Дуй Чжунго хуаньцзин юй цзюань баоху цянцзиндэ гуцзи // Люйсэ чжаньлюе / Под ред. Ли Чжэндао. (Оценка перспектив охраны окружающей среды в Китае). Циндао: Циндао чубаньшэ, 1997.
7. UN Agenda 21/United Nations — 2007. [www.un.org/esa/earthsummit](http://www.un.org/esa/earthsummit) (дата обращения 15.11.2007).
8. Сун Цзян. Синь цзай ян лю цян вань ли, цинфэн чуньшуй мань шэньчжоу // Люйсэ чжаньлюе / Под ред. Ли Чжэндао. (Только что посаженные тополя и ивы превратятся в лес, протянувшийся на тысячу миль, зелёная земля наполнится ветерком и пением ручьёв). Циндао: Циндао чубаньшэ, 1997. С. 23–31.
9. Дэн Нань. Инцзе синь шицзедэ тяочжань, цзоу кэ чисюй фачжань чжи лу // Люйсэ чжаньлюе / Под ред. Ли Чжэндао. (Встань лицом к лицу перед вызовом Нового века, иди по пути устойчивого развития). Циндао: Циндао чубаньшэ, 1997. С. 32–39.
10. Priority Program for China's Agenda 21. Introduction // ACCA Global — 2007. <https://www.accaglobal.com/vn/en/search.html?q=Priority+Program+for+China%27s+Agenda+21&q1=vn&x1=country> (дата обращения 15.11.2007).
11. National Report On Sustainable Development. June 1997, China // ACCA Global — 2007. Art. 1.2; 1.3; Art. 1.4; Art. 1.7; Art. 4.35 Art.; 4.39; Art. 5.14–5.17. [www.acca21.edu.cn/](http://www.acca21.edu.cn/) (дата обращения 15.11.2007).
12. Цай Шоуцзю. Лунь Чжунгодэ хуаньцзин чжэнцэ // Хуаньцзин даобао. 1997. № 6. С. 1–5. (Экологическая политика Китая // Руководящие и направляющие основы охраны окружающей среды.).

13. Чэнь Сикан. 2030 нянь Чжунго цзинцзи фачжань чжаньлюэ мубяо таньтао // Люйсэ чжаньлюэ / Под ред. Ли Чжэндао. (Исследование целей экономического развития Китая к 2030 году). Циндао: Циндао чубаньшэ, 1997. С. 110–117.
14. Вэй Личунь. Цзинцзи фахуэй цзихуа чжидео цзоюн, чжэнчуэ сетяо фачжань юй хуаньцзин дэ гуаньси // Люйсэ чжаньлюэ / Под ред. Ли Чжэндао. (Координировать национальные руководящие планы и рыночную экономику, чтобы способствовать продвижению Китая по пути к устойчивому развитию). Циндао: Циндао чубаньшэ, 1997. С. 93–101.
15. China's Year 2000 "State of the Environment Report". A June Report from U.S. Embassy Beijing // U.S. Embassy Beijing, 2007. [www.usembassy-china.org.cn/SOTE4web](http://www.usembassy-china.org.cn/SOTE4web) (дата обращения 15.11.2007).
16. Салицкий А.И. Устойчивое развитие Китая // Переход к устойчивому развитию: глобальный, региональный и локальный уровни. М.: КМК, 2002. С. 182–199.
17. Чжоу Цзи и др. Цзу цзинь кэчисюй фачжань: Чжунго хуаньцзин баоху цзай тичжи хэ чжэнцэ фанмэньдэ сюаньцзе // Люйсэ чжаньлюэ / Под ред. Ли Чжэндао. (Вступление на путь устойчивого развития: выбор политики в отношении окружающей среды). Циндао: Циндао чубаньшэ, 1997. С. 82–93.
18. Ма Хун. Нули сюньчу хуаньцзин юй цзинцзидэ сетяо фачжань // Люйсэ чжаньлюэ / Под ред. Ли Чжэндао. (Поиски путей согласования развития окружающей среды и экономики в Китае). Циндао: Циндао чубаньшэ, 1997. С. 102–109.
19. Бирюлин Е.В. Охрана окружающей среды в КНР: экологическая ситуация, политика, право. М.: Институт Дальнего Востока РАН, 1994.
20. China's Clean Air Price Tag: US\$ 40 billion / US Embassy in Beijing Report // Embassy Beijing, 2000. [www.usembassy-china.org.cn](http://www.usembassy-china.org.cn) (дата обращения 15.11.2007).
21. Gross Domestic Product 3–1 // China Statistical Yearbook, 2020. National Bureau of Statistics of China, 2020. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2019/indexeh.htm> (дата обращения 16.11.2021).
22. Xiheng Jiang. How China is implementing the 2030 Agenda for Sustainable Development // OECD, 2020. <https://oecd-development-matters.org/2020/02/28/how-china-is-implementing-the-2030-agenda-for-sustainable-development/> (дата обращения 15.11.2021).
23. Stephen S. Roach, China is leading the world in sustainable development // World Economic Forum – 2019. 2019.24.09. <https://www.weforum.org/agenda/2019/09/china-leading-sustainable-development/> (дата обращения 15.11.2021).
24. Brett B. China is stepping up its efforts to protect the environment. Here's how // World Economic Forum – 2018. 2018.16. 07. <https://www.weforum.org/agenda/2018/07/what-we-can-learn-from-china-s-fight-against-environmental-ruin> (дата обращения 15.11.2021).
25. Total Primary Energy Production and Its Composition 9–1, 2019 // China Statistical Yearbook, 2020. National Bureau of Statistics of China, 2020. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2019/indexeh.htm> (дата обращения 16.11.2021).
26. Nuclear Power in China, 2021/ World Nuclear Organization – 2021. <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-power.aspx> (дата обращения 15.11.2021).
27. Петушкова В.В. Атомная энергетика КНР в свете глобальных экологических проблем // Экономические и социальные проблемы России. 2021. № 1: Социально-экономические последствия изменения климата. С. 106–124.
28. China's VNR Report on Implementation of the 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations, 2021. <https://sustainabledevelopment.un.org/memberstates/china> (дата обращения 15.11.2021).
29. Allison G., Klyman K., Barbesino K., Yen H. The Great Tech Rivalry: China vs the U.S. // Belfer Center for Science and International Affairs – 2021. [https://www.belfercenter.org/sites/default/files/GreatTechRivalry\\_ChinavsUS\\_211207.pdf](https://www.belfercenter.org/sites/default/files/GreatTechRivalry_ChinavsUS_211207.pdf) (дата обращения 15.11.2021).
30. China 2030 Building a Modern, Harmonious, and Creative Society // The World Bank Development Research Center of the State Council, 2013.
31. Share of the Contributions of the Three Strata of Industry and Main Sectors to the Increase of the GDP 3–7 // China Statistical Yearbook, 2020. National Bureau of Statistics of China, 2020. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2019/indexeh.htm> (дата обращения 16.11.2021).
32. Main Message. China's VNR Report on Implementation of the 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations. 2021. <https://sustainabledevelopment.un.org/memberstates/china> (дата обращения 15.11.2021).

## К БИОГРАФИИ АКАДЕМИКА АМН СССР С.С. ЮДИНА: ЗА ЧТО БЫЛ АРЕСТОВАН ВСЕМИРНО ИЗВЕСТНЫЙ ХИРУРГ?

© 2022 г. А. Б. Санников<sup>а,\*</sup>, С. П. Глянцев<sup>б,с,\*\*</sup>

<sup>а</sup> Центр новых медицинских технологий, Муром, Россия

<sup>б</sup> Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева  
Минздрава России, Москва, Россия

<sup>с</sup> Национальный НИИ общественного здоровья им. Н.А. Семашко, Москва, Россия

\*E-mail: aliplast@mail.ru

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

Поступила в редакцию 08.06.2021 г.

После доработки 15.06.2021 г.

Принята к публикации 27.07.2021 г.

В статье с привлечением неизвестных ранее архивных документов описаны причины и обстоятельства ареста в декабре 1948 г. сотрудниками Министерства государственной безопасности СССР одного из самых известных и авторитетных отечественных хирургов академика АМН СССР С.С. Юдина (1891–1954) — дважды лауреата Сталинской премии, заслуженного деятеля науки, орденноносца, члена многих зарубежных хирургических обществ. Отмечается, что к наиболее вероятным причинам ареста относятся его “непролетарское” происхождение; знакомства с иностранными хирургами, дипломатами и журналистами, подозреваемыми в связях с разведками зарубежных стран, а также с высшим командным составом РККА, и участие в так называемом антиправительственном заговоре; “контрреволюционная” деятельность. Показано, что основной причиной ареста стало обвинение в шпионской деятельности на английскую разведку и в установлении связи с некоторыми высшими командирами Советской Армии, “замышлявшими преступные действия против Советского правительства”. Установлено, что показания на С.С. Юдина дали его близкие, работавшие с иностранными корреспондентами. Ученики хирурга в его аресте замешаны не были.

**Ключевые слова:** С.С. Юдин, арест, 1948 г., английская разведка, высшие командиры Советской Армии.

DOI: 10.31857/S0869587322030082

В 1948 г. главный хирург Института неотложной медицины им. Н.В. Склифосовского (далее — Институт им. Н.В. Склифосовского, ныне — ГБУЗ “НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского” ДЗ г. Москвы) профессор Сергей Сергеевич Юдин находился в зените славы: один из самых известных и авторитетных хирургов СССР, дважды лауреат Сталинской премии, заслуженный деятель науки, орденноносец, действительный член АМН СССР, член многих зарубежных

хирургических обществ. И вдруг — арест. Почему хирург с мировым именем стал заключённым? Что стало причиной ареста С.С. Юдина ночью 23 декабря 1948 г.?

### ПЕЧАТНЫЕ ИСТОЧНИКИ О ПРИЧИНАХ АРЕСТА ХИРУРГА

Творческий путь и вклад в мировую и отечественную хирургию С.С. Юдина хорошо известны из трудов его учеников [1–4]. Однако в этих работах, как и в публикациях 1970–1980-х годов [5, 6], сведений о его аресте нет.

Первой о скорбном пути Сергея Сергеевича от всемирно известного учёного до ссыльного арестанта сообщила сибирская пресса [7], затем — журнал “Огонёк” [8]. В 1994 г. материал о нём появился в сборнике трудов Российской ассоциа-

САННИКОВ Александр Борисович — кандидат медицинских наук, врач-хирург ЦНМТ. ГЛАНЦЕВ Сергей Павлович — доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом истории сердечно-сосудистой хирургии НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева Минздрава России, заведующий сектором отдела истории медицины Национального НИИ общественного здоровья им. Н.А. Семашко.



пии памяти жертв политических репрессий [9]. Но причины ареста автор свёл к знакомствам хирурга с иностранцами и к так называемому “трофейному делу” 1946–1948 гг., когда был репрессирован ряд высших военачальников Советской Армии, с которыми Юдин был знаком.

В 1991 г. в годовщину 100-летия выдающегося советского хирурга вышла книга “С.С. Юдин. Избранное”, редактор которой Б.В. Петровский вспомнил свои встречи с автором, но причинам его ареста уделил всего несколько строк: “Закончилась война. И вот в эти мирные годы... по ложным обвинениям — оговору единичных бесчестных коллег — Сергей Сергеевич был незаконно осуждён и выслан в Новосибирскую область” [10]. Каковы были обвинения и кто из коллег оговорил Юдина, Петровский не уточнил.

В монографии “Сергей Юдин. Этюды биографии” (1991) арест описан подробнее: «Вечером 22 декабря 1948 года после звонка с обычной просьбой проконсультировать одно высокопоставленное лицо С.С. Юдин спустился во двор и сел в чёрную машину, чтобы уехать из жизни на 4 с лишним года. Что вызвало опалу? “Зависть ли тайная, злоба ль открытая”, независимость характера... многочисленные связи с иностранными коллегами и частные поездки за рубеж, близкие... отношения с теми, кого власть явно боялась: с К.К. Рокоссовским, И.С. Коневым, Г.К. Жуковым? Вряд ли мы узнаем об этом когда-либо... сегодня мы можем предположить любую возможную в то время причину опалы и ареста» [11].

Подробно описала в 2009 г. новосибирскую ссылку Юдина (1952–1953) В.Н. Понурова [12]. Однако данные о его аресте в книге отсутствуют.

Ошибочно, на наш взгляд, мнение о причинах ареста хирурга академика РАН Ю.В. Наточина: «Сергею Сергеевичу Юдину была отведена роль свидетеля и соучастника в деле маршала Г.К. Жукова, с которым он был дружен и вместе охотился. В эту же “группу” входили генерал-лейтенант В.В. Крюков и его жена — известная исполнительница народных песен Лидия Русланова» [13]. Однако с Г.К. Жуковым Юдин встречался один раз, а с Крюковым не был знаком.

В 2012 г. вышел ряд статей, посвящённых С.С. Юдину. Но, как и в опубликованных ранее трудах, о причинах ареста — несколько общих фраз. «По доносу в ночь с 22 на 23 декабря 1948 года учёный был арестован. За что же он был арестован? Полагаем, что сегодня таких вопросов уже не возникает. Иногда в выражениях и высказываниях своих мыслей в присутствии многих Сергей Сергеевич допускал определённые “вольности”, которых при умелой подаче было вполне достаточно для возбуждения судебного дела» [14]. Автор другой публикации, указав на взаимоотноше-

ния Моцарта и Сальери, счёл, что причиной ареста могла стать зависть к славе учёного одного из его учеников [15]. Однако в “Деле С.С. Юдина” фамилии Б.С. Розанова, А.Д. Арапова, Б.А. Петрова и А.А. Бочарова были упомянуты только в январе 1952 г. [16].

Наиболее глубоко период жизни Сергея Сергеевича от его ареста 23 декабря 1948 г. до реабилитации 13 августа 1953 г. изучил В.Д. Тополянский. Указав в предисловии к книге С.С. Юдина “Воспоминания”, что тот был осуждён “за преступную связь с иностранцами и антисоветскую агитацию”, в третьей части он привёл ряд ключевых документов из его следственного дела, а в “Послесловии” сделал попытку обосновать причины ареста показаниями Д.Г. Ханна и Ю.М. Катцера, изобличённых как шпионы английской разведки. Но в “Деле С.С. Юдина” таких фамилий нет. Не обоснованы, по нашему мнению, версии В.Д. Тополянского о том, что главный хирург Института им. Н.В. Склифосовского понадобился следственным органам как консультант по “делу врачей” 1951–1953 гг. и что в его аресте участвовал один из учеников Юдина — К.С. Симонян [16].

Целью исследования стало выяснение причин и обстоятельств ареста С.С. Юдина в 1948 г., приведших в 1952 г. к его ссылке на 10 лет. Материалами для работы послужили доступные печатные источники (статьи, книги, воспоминания, пресса), а также Дело № 2027 по обвинению Юдина Сергея Сергеевича, хранящееся в Центральном архиве (ЦА) ФСБ России [17].

В ходе изучения материалов были определены следующие вероятные причины ареста: непролетарское происхождение Юдина; знакомства с иностранными хирургами, дипломатами и журналистами, подозреваемыми в связях с зарубежными разведками; участие в “антиправительственном заговоре” высшего командного состава РККА, контрреволюционная деятельность.

## ШТРИХИ К БИОГРАФИИ

Сергей Сергеевич Юдин родился 27 сентября (9 октября) 1891 г. в семье потомственных купцов-предпринимателей. Его дед, Сергей Сергеевич Юдин, был совладельцем “Торгового дома Юдиных”, а отец, тоже Сергей Сергеевич, состоял в сословии личных почётных граждан<sup>1</sup> Москвы. Мать Юдина, Екатерина Петровна, происходила из купечества Замоскворечья<sup>2</sup>. В 1889 г. она

<sup>1</sup> Сословие почётных граждан следует отличать от звания почётного гражданина, присваиваемого высшим руководящим органом региона/населённого пункта в знак признания выдающихся заслуг перед этим регионом/населённым пунктом.

<sup>2</sup> Замоскворечье — район и муниципальное образование в ЦАО г. Москвы, расположенные в излучине реки Москвы, на правом её берегу, к югу от Кремля.

вышла замуж за С.С. Юдина. Через два года у пары родился старший сын, которого назвали Сергеем. Всего детей в семье Юдиных было семеро: братья Юрий, Сергей, Пётр и Глеб и три сестры — Агния, Наталья и Екатерина. В годы Первой мировой войны Сергей, Пётр и Глеб служили в Русской Императорской армии. Штабс-капитан Глеб Юдин умер в начале 1919 г. от сыпного тифа. Пётр и Юрий в 1928 г. были арестованы, осуждены и высланы в Северный край. По возвращении из ссылки Юрий работал инженером на одной из московских фабрик. В 1942 г. он вновь был арестован и осуждён на 10 лет. Пётр более репрессиям не подвергался. Отец, мать и сёстры также не были репрессированы.

Февральская революция 1917 г. застала 26-летнего полкового врача<sup>3</sup> Сергея Юдина в одном из военных госпиталей. После лечения он получил отпуск, который провёл в Никольской земской больнице (ныне — г. Одинцово Красногорского района Московской области), обучаясь хирургии у главного врача А.В. Иванова. Из-за остаточного пареза ног на фронт Сергей не попал, а получил назначение на должность старшего врача в 40-й эвакогоспиталь, расположенный в Туле, где познакомился с дочерью тульского фабриканта 21-летней Н.В. Платоновой, ставшей его женой. До осени 1919 г. Юдин служил в эвакогоспитале и одновременно работал хирургом в Тульской земской больнице. Октябрьскую революцию 1917 г., по словам Сергея Сергеевича, он «воспринял с недоумением». После демобилизации поступил в хирургический санаторий «Захарьино» Управления Центропленбеж<sup>4</sup>, главным врачом которого работал его учитель в хирургии А.В. Иванов. В 1922 г. после перепрофилирования санатория из хирургического в костнотуберкулёзный Юдина перевели в Серпухов, где в течение семи лет он заведовал хирургическим отделением больницы при фабрике «Красный текстильщик».

В 1923 г. Сергей Сергеевич в первый раз был командирован за границу, в Берлин, где познакомился с устройством хирургических клиник и приобрёл для своей больницы рентгеновское оборудование. В 1926 г. он осуществил четырёхмесячную поездку в США для знакомства с состоянием американской хирургии. Поездка была

организована как награда Юдину, получившему премию в размере 3000 долл. США по решению комиссии Наркомата здравоохранения за подписью наркома Н.А. Семашко с формулировкой «За лучшее сочинение по хирургии за 1926 год». По дороге в Америку побывал в Лондоне и Ливерпуле (Великобритания), Квебеке и Торонто (Канада), а на обратном пути — в Париже (Франция). Весной 1928 г. Юдин перешёл на работу в Институт им. Н.В. Склифосовского, через несколько месяцев, 20 июля, был назначен главным хирургом института и в этой должности трудился до ареста в 1948 г.

В 1929 г. С.С. Юдин вновь выезжал за границу, в Париж, где выступал в Национальной академии хирургии. В 1930 г. он получил звание профессора, а в 1932 г. снова побывал в столице Франции с лекциями. Оттуда ездил в Барселону и Мадрид, а также в Лондон для работы в медицинской библиотеке.

Одновременно в 1929—1941 гг. С.С. Юдин заведовал кафедрой хирургии в Центральном институте усовершенствования врачей, в 1942—1946 гг. служил старшим инспектором Главного военно-санитарного управления РККА, в 1943—1946 гг. заведовал кафедрой хирургии во 2-м Московском государственном медицинском институте Наркомата здравоохранения РСФСР. Вершиной научного признания С.С. Юдина в СССР стало включение его в 1944 г. в первый состав действительных членов АМН СССР<sup>5</sup> и назначение в 1946—1947 гг. директором Института экспериментальной и клинической хирургии АМН СССР (ныне — НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского Минздрава России). Всё сказанное означало одно: руководство страны С.С. Юдину доверяло, несмотря на то что он не состоял в ВКП(б) [4, 10, 11, 14, 16]. И хотя страну, в которой он жил и работал, Юдин нередко называл «совдепией»<sup>6</sup>, на деле её противником он никогда не был. И в следственном деле учёного акцентов на его «буржуазное» происхождение нет.

## ЗНАКОМСТВА С ИНОСТРАННЫМИ ХИРУРГАМИ

Первые встречи С.С. Юдина с иностранными коллегами и выступления перед ними произошли во время его пребывания в 1926 г. в США<sup>7</sup>. Вот что он сказал в ходе визита в Клинику Братьев Мэйо (Рочестер, Миннесота). Поблагодарив Ч.Г. Мэйо,

<sup>3</sup> В 1914 г. С.С. Юдин, будучи студентом 4-го курса Императорского Московского университета, добровольно вступил в действующую армию в звании «зауряд-врач». В 1916 г., сдав экзамены и получив диплом врача (с отличием), был назначен на должность старшего врача 267-го пехотного полка, в котором служил его брат Пётр. В том же году Юдин получил ранение и был эвакуирован в Москву на лечение.

<sup>4</sup> Центральная коллегия по делам пленных и беженцев. Создана Декретом СНК РСФСР в 1918 г. для обмена военнопленными со странами — участниками Первой мировой войны и реэвакуации собственных беженцев в Россию.

<sup>5</sup> Первый состав действительных членов АМН СССР был утверждён Совнаркомом СССР 14 ноября 1944 г.

<sup>6</sup> Слово «совдеп» — сокращение от словосочетания Совет депутатов — появилось в 1920-е годы в эмигрантской среде как пренебрежительное обозначение Советской России (РСФСР).

<sup>7</sup> В 1923 г. в Германии С.С. Юдин был несколько дней.

за гостеприимство, Юдин заявил: “Условия медицинской работы в России принципиально отличаются от таковых в США, поскольку в России все <...> медицинские учреждения являются собственностью правительства<sup>8</sup>. У нас нет клиник <...>, которые были бы в частном владении, как это имеет место в США. <...> В связи с тем, что все медицинские работники в России являются служащими правительства, и с тех пор, как у нас имеются экономические и политические препятствия так же, как и финансовые затруднения, зачастую невозможно провести даже самые элементарные научные исследования, что также обусловлено недостатком в аппаратуре и подопытных животных. Другим серьёзным фактором является то, что всё лечение, обследование и проведение операций у пациентов проводится без какой-либо денежной компенсации. Отсутствуют также какие-либо дополнительные финансовые источники, за исключением скудного бюджета, предоставляемого правительством. <...> Ни один из русских хирургов не может даже надеяться на <...> роскошь работать в резиновых перчатках или использовать шёлк для хирургических ниток, поскольку приобретение последних невозможно из-за высокой их цены” [18]<sup>9</sup>.

Очевидно, что в конце 1940-х годов такое выступление могли квалифицировать как космополитическое, но в 1920-е годы органы ОГПУ—НКВД не обратили на него внимания. На протяжении многих лет они не реагировали и на переписку С.С. Юдина с У.У. Бебкоком, А. Блелоком, Э.К. Катлером, Г.В. Крайлем, Г.Э. Келли, Х.У. Кушингом, Ч.Г. Мэйо, У.Д. Мэйо и другими врачами.

В середине июня 1943 г. в Институт им. Н.В. Склифосовского в сопровождении наркома здравоохранения СССР Г.А. Митерева прибыл чрезвычайный и полномочный посол Великобритании в СССР А.К. Керр для подготовки визита в Москву совместной англо-американской делегации хирургов. 15 июля 1943 г. руководители делегации — президент Королевского медицинского общества, контр-адмирал Британского Королевского флота сэр Гордон Тэйлор и член Американского колледжа хирургов, профессор хирургии Гарвардского университета, полковник медицинской службы армии США Э.К. Катлер вручили С.С. Юдину дипломы и мантии почётного члена Королевского общества хирургов Англии и Американского колледжа хирургов [16].

Приведённые факты свидетельствуют, что у С.С. Юдина была широкая международная из-

вестность. Однако не она — причина его ареста. Борьба с космополитизмом и “преклонением перед Западом” станет в СССР массовой политической кампанией только в 1949—1952 гг.

## ЗНАКОМСТВА С ИНОСТРАННЫМИ ДИПЛОМАТАМИ И КОРРЕСПОНДЕНТАМИ

Знакомства и личные контакты С.С. Юдина с проживавшими в Москве иностранными дипломатами были не менее обширными. Так, в 1942 г. он познакомился с чрезвычайным и полномочным послом Франции в СССР Ш.Э. Альфаном, а спустя полгода оперировал его по экстренным показаниям. В дальнейшем Альфан неоднократно бывал в Институте им. Н.В. Склифосовского и в квартире хирурга. В свою очередь чета Юдиных часто посещала французское посольство во время официальных приёмов, где Сергей Сергеевич познакомился с академиками Я.О. Парнасом<sup>10</sup> и Л.С. Штерн<sup>11</sup>, военным дипломатом А.А. Игнатьевым, Л.Ю. Брик и другими деятелями советской науки и культуры. С назначенным после Альфана послом Франции генералом Ж. Катру у Юдина также сложились тёплые отношения [17].

В добрых отношениях учёный состоял и с чрезвычайным и полномочным послом Великобритании в СССР А.К. Керром, неоднократно обращался к нему с просьбами во время Великой Отечественной войны и после её завершения [17]. В 1946 г. Сергей Сергеевич познакомился со сменившим Керра в должности посла М. Петерсоном, когда того доставили в Институт им. Н.В. Склифосовского с переломом плеча. После успешного лечения посол поблагодарил хирурга [17].

4 июля 1945 г. в День независимости США чрезвычайному и полномочному послу Соединённых Штатов Америки в СССР У.А. Гарриману на официальном приёме в его резиденции в Москве С.С. Юдина представил заместитель наркома здравоохранения СССР академик АМН СССР В.В. Парин<sup>12</sup>. Впоследствии Сергей Сергеевич встречался с Гарриманом дважды. В первый раз посол присутствовал на операциях и врачебном обходе в Институте им. Н.В. Склифосовского,

<sup>10</sup>Яков Оскарович Парнас (1884—1949) — советский биохимик, лауреат Сталинской премии, академик АН и АМН СССР, основатель и первый директор Института биологической и медицинской химии АМН СССР; арестован в 1949 г. как агент иностранных разведок, умер от инфаркта миокарда во время допроса на второй день после ареста.

<sup>11</sup>Лина Соломоновна Штерн (1878—1968) — советский физиолог, лауреат Сталинской премии, академик АН и АМН СССР, возглавляла Институт физиологии АН СССР; в 1949 г. была репрессирована по делу Еврейского антифашистского комитета.

<sup>12</sup>Василий Васильевич Парин (1903—1971) — советский физиолог, академик АМН СССР; в 1942—1945 гг. — заместитель наркома здравоохранения СССР, в 1947—1953 гг. был репрессирован.

<sup>8</sup> Отметим, что собственность в РСФСР была не государственной, а народной.

<sup>9</sup> На следствии С.С. Юдин показал, что “ничего антисоветского в его докладе не было, наоборот, он давал положительную и хвалебную оценку условиям работы врачей в СССР” [16, с. 420].

после чего в кабинете главного хирурга в честь посла был сервирован стол [17]. Вторая встреча состоялась на официальном обеде у представителя Американского общества Красного Креста в Москве. Её цель — расширение научных контактов учёных СССР и США. Помимо Юдина на обеде присутствовали председатель Правления Всесоюзного общества культурной связи с заграницей (ВОКС) В.С. Кеменов<sup>13</sup>, В.В. Парин и председатель Президиума Союза обществ Красного Креста и Красного Полумесяца СССР С.А. Колесников<sup>14</sup>, а также заведующий протокольным отделом Наркомата иностранных дел СССР Ф.Ф. Молочков.

Кроме официальных встреч были и неофициальные. При этом от бдительного ока сотрудников НКВД не ускользнул тот факт, что владевший французским и английским языками Юдин общался с иностранцами без переводчиков. Через несколько месяцев У.А. Гарриман приехал в Институт им. Н.В. Склифосовского и вручил Сергею Сергеевичу приглашение посетить в 1946 г. Бостон, где планировалось провести Международный конгресс хирургов, посвящённый 100-летию наркоза. К удивлению Юдина, Минздрав СССР в командировке ему отказал, о чём Юдин в раздражённой форме рассказал многим коллегам [17].

Отказы С.С. Юдину в публикации его научных трудов за границей поступали и ранее. Тем не менее он использовал все возможности, включая неофициальные, для передачи личной корреспонденции и своих работ за рубеж. Часть писем Сергей Сергеевич отправлял лично, часть передавал через знакомых: корреспондента английской газеты “Daily Telegraph & Morning Post” в Москве А. Чолертон, корреспондента лондонской газеты “The Daily Herald” в Москве Д. Эванса и корреспондента американского агентства “United Press” в Москве Х. Никербокера [17]. В качестве примера процитируем письмо С.С. Юдина Э.Л. Катлеру:

*«Мой дорогой полковник Катлер!*

*Разрешите передать Вам манускрипт “Искусственные пищеводы”, который я обещал Вам во время Вашего пребывания в Москве. Я надеюсь, что*

*эта работа может быть интересна для американских хирургов, и что с Вашей любезной рекомендации <...> она будет принята одним из американских хирургических журналов. Если наш дорогой коллега — полковник Л. Дэвис найдёт указанную работу слишком обстоятельной для своего журнала “Хирургия, гинекология и акушерство”, то не будете ли Вы так любезны предложить её “Анналам” или “Американскому журналу хирургии”? <...> В случае, если манускрипт будет напечатан, прошу прислать мне несколько экземпляров.*

*Прошу поверить, что те немногие дни Вашего краткого пребывания в Москве всегда останутся наиболее приятным воспоминанием для меня. Надеюсь, что в скором будущем буду иметь честь увидеть Вас в Бостоне, если счастливый случай позволит мне посетить Вашу прекрасную Родину.*

*Искренне Ваш,*

*Почётный член Американского колледжа хирургов С. Юдин»* [17, т. 5, л. 42–44].

Были у Сергея Сергеевича и другие просьбы к зарубежным друзьям, о чём свидетельствует письмо посла США в СССР У.А. Гарримана:

*“Дорогой доктор Юдин! Капитан Рейхель сообщил мне, что <...> Вы испытываете недостаток в хирургических шприцах. По моей просьбе генерал Ритчи достал шприцы через Медицинское Управление Военно-Воздушных Сил Армии США. Они здесь, и я надеюсь, что они помогут Вам в Вашей работе.*

*Примите мои наилучшие пожелания.*

*Искренне Ваш, Гарриман”* [17, т. 5, л. 71–72].

Вся личная переписка будет изъята во время обыска при аресте С.С. Юдина и приобщена в качестве вещественных доказательств его преступной связи с иностранцами. Но почему учёному было отказано в поездке в США в 1946 г.? Полагаем, причина состояла в том, что 5 марта 1946 г. в Вестминстерском колледже г. Фултона (США) У. Черчилль произнёс речь, положившую начало холодной войне. Страны Запада и СССР вступили на путь конфронтации, и от советской разведки стали поступать сведения об организации на территории СССР широкой шпионской сети [19]. При этом в разработку МГБ попали все англичане и американцы, работавшие в СССР, в первую очередь — сотрудники иностранных посольств и дипломатических миссий, а также корреспонденты новостных агентств и газет, большинство из которых были связаны со спецслужбами, занимавшимися разведывательной и пропагандистской деятельностью.

В рамках оперативно-следственного дела непосредственное отношение к С.С. Юдину имели сменивший в 1946 г. У.А. Гарримана на посту посла США в СССР У.Б. Смит и корреспондент А. Чолертон. Неоднократно бывавший у Сергея Сергеевича дома и на службе, Смит был генера-

<sup>13</sup>Владимир Семёнович Кеменов (1908–1988) — советский историк искусства и государственный деятель, академик и вице-президент АХ СССР, лауреат Государственной премии СССР; в 1940–1948 гг. — председатель Правления ВОКС, в 1954–1956 гг. — заместитель министра культуры СССР, в 1956–1958 гг. — постоянный представитель СССР при ЮНЕСКО. Репрессирован не был.

<sup>14</sup>Сергей Алексеевич Колесников (1901–1985) — советский хирург, учёный и государственный деятель, заслуженный деятель науки; в 1939–1945 гг. — первый заместитель наркома здравоохранения СССР, одновременно в 1940–1947 гг. — председатель Президиума СОККиКП; в 1947–1954 гг. был репрессирован; в 1959–1966 гг. — директор Института грудной (с 1961 г. — сердечно-сосудистой) хирургии АМН СССР.

лом, служил в Генеральном штабе армии США, а затем — начальником штаба союзных войск в Европе. Именно он 7 мая 1945 г. подписал от имени США Акт о капитуляции Германии. После завершения миссии посла США в СССР в 1950 г. Смит назначили директором ЦРУ, а в 1953—1954 гг. он работал заместителем Госсекретаря США.

Чолертон, появившийся в Москве в 1926 г. как корреспондент английской газеты “The News Chronicle”, в поле зрения ОГПУ—НКВД попал практически сразу. Чекистов насторожило появление в зарубежной прессе его материалов о социально-экономическом положении в СССР и проводимой Правительством страны внутренней и внешней политике [20]. Помимо многократно встречавшегося с Чолертоном Юдина, среди лиц, окружавших корреспондента, была его штатный секретарь Н.Д. Водовозова, арестованная летом 1943 г.

### РОЛЬ В “ДЕЛЕ С.С. ЮДИНА” Н.Д. ВОДОВОЗОВОЙ

Наталья Дмитриевна Водовозова (Федченко) родилась в 1895 г. в г. Николаеве в семье генерала царской армии, погибшего в 1914 г. Мать воспитывала трёх детей и жила на пенсию мужа. В 1915 г. Наталья познакомилась с В.Н. Водовозовым, за которого вышла замуж. В конце 1917 г. Водовозовы переехали в Кореиз, однако эмигрировать из России из-за болезни главы семейства не смогли. После смены власти в Крыму Наталья работала, но прокормить больного мужа и малолетнего сына не смогла. После их кончины, будучи беременной, она перебралась к матери в Москву. Но в 1933 г. мать скоропостижно умерла, и 38-летняя Наталья с 10-летней дочерью Майей осталась без средств к существованию. Поэтому предложение о работе секретарём-переводчиком корреспондента одной из английских газет приняла без колебаний. Этим корреспондентом оказался А. Чолертон [17].

Из материалов следственного дела известно, что Н.Д. Водовозова встречалась с С.С. Юдиным ещё до его женитьбы. Второй раз они встретились в 1935 г., когда Наталья пригласила Сергея Сергеевича на консультацию к Чолертону в связи с болями в животе. Спустя сутки Юдин прооперировал корреспондента по поводу острого аппендицита [17]. В 1938 г. судьба вновь свела Юдина и Водовозову. Причиной встречи стала болезнь Майи. Наблюдая за отношениями Натальи и Чолертона, Юдин обратил внимание, что его знакомая играла в жизни англичанина значимую роль: проживая в Москве без жены, Чолертон доверил ей ведение не только служебных, но и бытовых дел. Работа Натальи заключалась в ежедневном чтении советских газет и переводе на английский язык интересовавших Чолертона материалов: о

строительстве заводов и электростанций, добытой руде и выплавленной стали, прокладке дорог и речных каналов. Нередко Наталья посещала московские рынки, где покупала продукты первой необходимости и записывала их цену. Чолертон систематизировал и анализировал полученные от неё данные, после чего отправлял материалы в Лондон [17]. По мнению Н.Д. Водовозовой, ничего противозаконного она не совершала. Тем не менее в начале 1941 г. она говорила жене С.С. Юдина: “Наташа, <...> мне ясно, что работа Чолертона выходит за рамки работы простого корреспондента. <...> Я боюсь, что она приведёт меня на Лубянку. Но... мне трудно с ним расстаться, так как помимо всего прочего я имею с ним постоянную интимную связь” [17]. Опасения были не напрасными. Не прошло и года после внезапного отъезда Чолертона в Лондон, как Водовозову арестовали.

Из протокола допроса Н.Д. Водовозовой от 10 июля 1943 г.:

*“Чолертон презрительно отзывался о русском народе, считая его забитым и отсталым. Отрицательно относился к советскому строю <...>. К Советскому правительству был настроен враждебно. <...> По вопросу коллективизации сельского хозяйства Чолертон заявил, что она проводится жестоко и экономически себя не оправдывает. <...> Я полностью разделяла взгляды Чолертона. Я выражала недовольство, что зарплата трудящихся низкая, бытовые условия народа скверные. <...> Я считала, что политика Советского правительства в вопросе жизненных условий и быта трудящихся является неправильной. Я не скрывала своих антисоветских убеждений от Чолертона и делилась с ним откровенно, так как видела в нём единомышленника. <...> В начале войны между Германией и СССР я с Чолертоном обсуждала вопросы о неустойчивости Красной Армии в войне против Германии... разделяя его точку зрения о поражении Красной Армии и успехах немцев. <...>*

*Наиболее близким знакомым Чолертона является Юдин Сергей Сергеевич, полковник медицинской службы Красной Армии, профессор медицины, главный хирург Института имени Склифосовского. <...> Юдин и Чолертон поддерживали самые дружеские взаимоотношения. Юдин часто приезжал к Чолертону, и они беседовали на различные политические и медицинские темы. Особенно они сблизились с началом войны между Германией и Советским Союзом. Это объясняется ещё и тем, что Чолертон имел радиоприёмник и ежедневно слушал иностранные радиопередачи. Юдин примерно раз в неделю приезжал к Чолертону, и тот рассказывал ему последние новости. В моём присутствии Юдин делился с Чолертоном впечатлениями о своей поездке на фронт. <...> Юдин сообщил Чолертону о нехватке в Красной Армии сульфидина и просил его*

ускорить присылку сульфидина из Англии. <...> Чолертон с Юдиным обычно беседовали наедине, так как я в это время разговаривала с женой Юдина. Я признаю, что, работая с Чолертоном, я занималась сбором различной информации о Советском Союзе и помогала ему получать эти сведения от других лиц, но то, что они являются шпионскими, я не понимала” [17, т. 1, л. 40–56].

Этого было достаточно, чтобы, заочно обвинив А. Чолертона в шпионаже, запретить ему возвращение в СССР, а Н.Д. Водовозову и её мужа А.С. Рупневского как английских шпионов осудить на 10 и 8 лет соответственно.

В 1948 г. отбывавших наказание Водовозову и Рупневского этапировали в Москву для дачи показаний по “Делу С.С. Юдина”. Предвидя, что Наталья может быть скупа в показаниях по “вновь открывшимся обстоятельствам”, предварительно арестовали её 25-летнюю дочь Майю. Но здесь был свой резон. Дело в том, что после ареста матери и отчима в 1943 г. Майя, получавшая продовольственный паёк как иждивенка, была его лишена. О своём положении она написала матери в лагерь, и та посоветовала ей обратиться за помощью к корреспонденту, сменившему Чолертона. Уже через месяц англичанин передал Майе присланные Чолертоном для её содержания деньги, которые посоветовал дома не держать, а отдать на хранение кому-то из близких. Зная о доверительных отношениях матери с Юдиным, Майя передала всю сумму на хранение его жене. А вскоре стала работать у этого корреспондента.

Из протокола допроса М.В. Водовозовой от 14 августа 1943 г.:

— В числе близких знакомых английского корреспондента Чолертона Вы назвали профессора Юдина. Уточните, когда Юдин познакомился с Чолертоном?

— Знакомство Юдина с Чолертоном произошло приблизительно в 1936 или 1937 году. Их познакомил моя мать Водовозова Наталья Дмитриевна. <...>

— Какие антисоветские разговоры велись между Вашей матерью и Юдиным?

— В моём присутствии, а также в беседах со мной Юдин неоднократно допускал высказывания антисоветского характера. <...> Юдин являлся карьеристом. До того, как он был удостоен Сталинской премии (в 1943 г. — Авт.), <...> Юдин считал себя обиженным человеком. Он говорил, что <...> Советское правительство его не ценит как специалиста.

В высказываниях Юдина всегда сквозило ярко выраженное низкопоклонство перед Англией. Он преклонялся перед этой страной, её политическим строем, культурой и наукой. Юдин питал особую симпатию к Англии и навязчиво старался установить дружбу с англичанами <...>. В беседах с мате-

рю, Юдин неоднократно подчёркивал, что сближение Советского Союза с Англией в период войны даст свои положительные результаты, ибо, попав под влияние союзников, СССР должен пойти на уступки. Правда, Юдин никогда не говорил конкретно, о каких уступках шла речь, но из его отдельных высказываний и намёков, которые мне приходилось слышать, можно было понять, что он говорит о политических изменениях в СССР. <...> Я <...> заявляю, что навязчивое сближение Юдина с англичанами было направлено на то, чтобы показать им, что он не последнее место занимает в СССР, и в случае каких-либо политических изменений он смог бы занять соответствующее положение” [17, т. 2, л. 117–120].

В октябре 1948 г. после очередного допроса М.В. Водовозовой сказали, что в ближайшее время в Москву доставят её мать и отчима и в её интересах всё сказанное о С.С. Юдине подтвердить при очной ставке с родителями [17].

Но была ещё одна причина ареста Юдина, которая названа второй в предъявленном ему в январе 1949 г. обвинении.

#### ЗНАКОМСТВА С ВЫСШИМИ ВОЕНАЧАЛЬНИКАМИ РККА, ВОЗМОЖНОСТЬ УЧАСТИЯ В АНТИПРАВИТЕЛЬСТВЕННОМ ЗАГОВОРЕ

С маршалом Г.К. Жуковым С.С. Юдин встречался в 1944 г. под Кировоградом. Узнав накануне от командующего 5-й гвардейской армией генерала А.С. Жадова, что в этом районе через несколько дней начнётся большое сражение, Юдин попросил командарма разрешить ему своими глазами увидеть бой. В результате он оказался на командном пункте армии, куда неожиданно для всех прибыл Г.К. Жуков. Во время начавшегося боя Жуков, Жадов и Юдин несколько раз выходили из землянки посмотреть, как идёт артиллерийская подготовка. Затем в присутствии Сергея Сергеевича военные обсуждали предстоящее наступление. Когда Юдин сказал, что такого сильного огня он никогда не видел, Г.К. Жуков заявил: “Это ещё пустяки, сейчас у нас здесь 198 стволов на километр, а у меня под Киевом было 250. Каково?” [17].

С генералом А.С. Жадовым С.С. Юдин познакомился чуть раньше, когда выезжал в расположение его армии с целью оказать раненым хирургическую помощь. Теснее они сблизились в 1945 г. в Германии, куда была командирована хирургическая бригада Института им. Н.В. Склифосовского. В одну из таких встреч, проходивших в занимаемом Жадовым немецком доме, генерал пожаловался на московских чиновников, которые отвечали отказом на просьбы о предоставлении его семье отдельной квартиры в столице. “За-



сиделись они там в тылу, Серёжа, — жаловался А.С. Жадов. — Ну, да ладно. Вот кончится война, мы с ними повоюем» [17].

Помимо маршала Г.К. Жукова, Юдин был знаком с маршалами И.С. Коневым и И.Ф. Толбухиным, главным маршалом авиации А.Е. Головановым. Заместителя командующего Ленинградским военным округом генерал-лейтенанта В.Н. Богаткина он оперировал, после чего неоднократно гостил у него всей семьёй в Ленинграде [17]. Близким знакомым Юдина был главный маршал артиллерии Н.Н. Воронов. Они познакомились в 1940 г. в Центральном военном госпитале в Москве, куда Сергей Сергеевич был приглашён на консилиум по поводу полученного Вороновым ранения. Затем он несколько раз консультировал Воронова в госпитале и в Кремлёвской больнице, а в 1942 г. тот навещал Юдина после перенесённого хирургом инфаркта миокарда [17].

В 1943–1944 гг. С.С. Юдин несколько раз просил Н.Н. Воронова предоставить ему военнотранспортные средства для выезда хирургической бригады Института им. Н.В. Склифосовского на фронт. При встречах, решив все вопросы, они говорили на разные темы, в том числе о своих проблемах. Так, Юдин жаловался, что не может организовать изготовление ортопедических столов, их части поставляли разные предприятия Москвы. «Это же “совдепия” какая-то!» — возмущался С.С. Юдин, имея в виду всю эту неразбериху [21].

Первые следственные дела на генералитет Советской Армии появились вскоре после назначения 4 мая 1946 г. министром МГБ СССР генерал-полковника В.С. Абакумова. Хотя мысли об изменении ситуации в стране после окончания войны генералы высказывали вслух, прямых доказательств о существовании среди них заговора у В.С. Абакумова не было. Нужны были косвенные.

В 1946 г. началась разработка так называемого “трофейного дела”, в результате чего в МГБ стали поступать данные о личном обогащении высшего командного состава армии и членов их семей за счёт трофеев из Германии и других стран “сверх установленной нормы” [22]. В рамках “авиационного дела” показания, в том числе и на маршала Г.К. Жукова, дал арестованный в апреле 1946 г. маршал авиации А.А. Новиков [22]. Главный маршал артиллерии Н.Н. Воронов до поры до времени оставался в стороне.

Из протокола допроса и очной ставки между Н.Д. Водовозовой и её дочерью М.В. Водовозовой от 12 ноября 1948 г. (за месяц до ареста С.С. Юдина):

«Вопрос Водовозовой Н.Д.:

— На следствии ранее Вы показали, что в 1942 году от профессора Юдина Вам стало известно о том, что среди высших советских командиров имеются

лица, недовольные Советским правительством. Вы подтверждаете эти показания?

— Да, свой разговор с Юдиным я хорошо помню. Он мне тогда сказал, что один из этих командиров, являющийся высшим военным начальником, сообщил ему, что он и ряд его товарищей, крупных командиров Советской Армии, намерены добиться изменения порядков в стране. При этом Юдин передал подлинные слова этого военного: “Многого нам не нужно, мы будем требовать лишь точного выполнения Конституции, чтобы у каждого из нас был свой дом, свой стол, своя кружка”. <...>

Вопрос Водовозовой Майе:

— Вы следствию также рассказывали о преступных замыслах ряда командиров Советской Армии. Откуда вам об этом стало известно?

— Я узнала об этом от матери. Осенью 1942 года мама, придя домой от Юдина, рассказала своему мужу Рупневскому, что от Юдина ей стало известно о том, что ряд высших командиров Советской Армии недовольны Советским правительством (здесь и далее подчёркнуто в документе. — Авт). Я находилась тогда в той же комнате и слышала весь разговор <...>. Моя мать, ссылаясь на Юдина, сообщила, что от него ей известен один крупный военный, который будет играть руководящую роль в замышлявшемся выступлении против Советского правительства, назвав его фамилию.

Вопрос Водовозовой Н.Д.:

— Таким образом, устанавливается, что Вы рассказали дома о Вашей беседе с Юдиным относительно ряда командиров Советской Армии, враждебно настроенных против Советского правительства?

— Раз моя дочь показывает об этом, значит, я действительно дома передала свою беседу с Юдиным. Я, видимо, просто забыла об этом случае.

— Показаниями Вашей дочери также устанавливается, что Вы называли по фамилии одного из командиров, имеющего преступные замыслы. Говорите — кто он?!

— От Юдина мне известно, что его приятелями являются главный маршал артиллерии Воронов и генерал Мазурук. Однако фамилии лиц, имеющих преступные замыслы против Советского правительства, Юдин мне не называл.

Вопрос Водовозовой Майе:

— Вы ничего не путаете. Может быть, мать называла вам фамилию, о которой Вы показали, совершенно в другой связи?

— Нет, я ничего не путаю. <...> Я всё точно помню.

Вопрос Водовозовой Н.Д.:

— Как видите, дочь Ваша настаивает, что Вам известна фамилия одного из преступников. Почему же Вы скрываете о нём?

— Я ничего не скрываю и заявляю ещё раз, что Юдин не называл мне ни одной фамилии из числа командиров, замысливших выступить против Советского правительства» [17, т. 1, л. 55–57].

Из протокола допроса М.В. Водовозовой от 20 ноября 1948 г.:

“Моей матери было известно о том, что Юдин имел вражескую связь с одним крупным командиром Советской Армии.

— Покажите подробно, что именно Вы слышали от матери?

— Это было осенью 1942 года. Мама вечером пришла домой, кажется от Юдиных, и за ужином в присутствии меня стала рассказывать своему мужу Рупневскому о том, что только что имела очень интересную беседу с Юдиным.

Рассказывая о своей встрече с Юдиным, мама сказала, что Юдин сообщил ей о том, что некоторые высшие командиры Советской Армии недовольны Советским правительством и намерены по окончании войны выступить против правительства, используя для этой цели имеющуюся в их распоряжении военную силу. Юдин, как заявила мать, сказал ей, что руководящую роль в этом деле будет играть Главный маршал артиллерии Воронов, который видимо войдёт в правительство и как бы изнутри окажет давление в сторону изменения политики в руководстве страной.

— Арестованная Водовозова Майя Владимировна, Вы, конечно, понимаете, что даёте весьма ответственные показания о маршале Воронове? <...>

— Я заверяю, что показала о маршале Воронове правду” [17, т. 1, л. 43–45].

Из протокола допроса Н.Д. Водовозовой от 16 декабря 1948 г.:

“Вернёмся к Вашей беседе с Юдиным относительно существования в Советской Армии группы высших командиров, недовольных Советским правительством. <...> Ваши муж и дочь утверждают, что, придя домой от Юдина, Вы рассказали им всё, что сообщил Вам Юдин, касающееся группы военных, недовольных Советской властью. <...> Ваша дочь также утверждает, что Вы назвали тогда фамилию одного из крупных военных, который возглавит всю эту группу преступников. <...>

— После того, как я рассказала следствию о факте существования в Советской Армии группы высших командиров, недовольных Советским правительством, скрывать фамилию кого-либо из них мне нет смысла. Возможно, что Юдин и называл мне эту фамилию, но она выветрилась у меня из памяти” [17, т. 1, л. 68–81].

Из протокола очной ставки между арестованными Н.Д. Водовозовой и её дочерью М.В. Водовозовой от 21 ноября 1948 г., за месяц до ареста С.С. Юдина:

“Вопрос Водовозовой Майе:

— Ваша мать продолжает утверждать, что она не помнит, чтобы называла Вам по фамилии одного из крупных военных начальников Советской Армии, который замыслил выступить против Советского правительства. Напомните ещё раз обстоятельство, при которых она назвала фамилию этого лица?

— Мне кажется, что на предыдущей очной ставке с матерью я достаточно ясно изложила обстоятельства, при которых мама назвала по фамилии одного из высших командиров Советской Армии, который вместе со своими сообщниками намеревался по окончании войны выступить против Советского правительства. <...>

Вопрос Водовозовой Майе:

— Вы ничего не путаете?

— Конечно, нет. Я отлично помню, как мать, назвав по фамилии этого командира, сказала, что после войны он, видимо, войдёт в состав правительства и постарается, как бы изнутри оказать давление в сторону изменения в руководстве страной.

Вопрос Водовозовой Н.Д.:

— Что же требуется ещё, чтобы Вы назвали известного Вам командира Советской Армии, замыслившего преступление против Советского правительства? У Вас будет время до следующего допроса подумать и всё вспомнить!” [17, т. 1, л. 39–41].

Неизвестно, что пришлось пережить обеим женщинам за последовавший за этим допросом месяц, но 20 декабря 1948 г. Н.Д. Водовозова заявила:

“В связи с последними словами дочери я вспоминаю, что Юдин действительно говорил мне, что этот военный начальник после окончания войны, видимо, войдёт в правительство, и назвал его по фамилии.

— Кого Юдин Вам назвал?

— Главного маршала артиллерии Воронова!” [17, т. 1, л. 90–103].

С.С. Юдина арестовали ночью 23 декабря 1948 г. 29 декабря он был изобличён «в совершении преступлений, предусмотренных ст. 58 п. 1 “б” УПК РСФСР» (измена Родине) [16]. К тому времени были также получены показания арестованной утром 23 декабря 1948 г. операционной сестры М.П. Голиковой о её преступной связи с агентом английской разведки С.С. Юдиным [16].

16 января 1949 г. главному хирургу Института им. Н.В. Склифосовского было предъявлено обвинение:

«Я, зам. начальника След. части по особо важным делам МГБ СССР полковник Комаров, рассмотрев следственный материал по делу №... и приняв во внимание, что ЮДИН Сергей Сергеевич достаточно изобличается в том, что является

*агентом английской разведки, которой на протяжении ряда лет передавал шпионские данные о Советской Армии и положении в СССР, [а также] установил вражескую связь с некоторыми высшими командирами Советской Армии, недовольными советским строем и замыслившими преступные действия против правительства.*

*На основании вышеизложенного постановил: руководствуясь ст. 128 и 129 УПК РСФСР<sup>15</sup>, привлечь ЮДИНА Сергея Сергеевича в качестве обвиняемого по ст. 58-1 “б”, 58-10 ч. 1 и 58-11 УК<sup>16</sup>, о чём объявить обвиняемому под расписку в настоящем постановлении» [16, с. 374, 375].*

## ПО ЗАКОНАМ ТОГО ВРЕМЕНИ

Таким образом, нами установлено, что одной из причин (по нашему мнению, главной) ареста С.С. Юдина в декабре 1948 г. и обвинения по трём частям 58-й статьи УПК РСФСР стала его осведомлённость (и, соответственно, *недонесение*) о существовании некоего заговора высших военных против Советского правительства, в котором одна из ключевых ролей отводилась Главному маршалу артиллерии Н.Н. Воронову. Вторым обстоятельством, приведшим к аресту Юдина, была его “преступная” связь с английским корреспондентом А. Чолертоном, занимавшимся сбором сведений о состоянии промышленности в СССР и жизни советских граждан. Передаваемая Сергеем Сергеевичем информация была на первый взгляд безобидной: на каком фронте и в каких частях он был, с кем из военачальников общался, о чём говорил, какие проблемы испытывал как хирург и инспектор ГВСУ РККА в деле обеспечения раненых. Однако эти сведения после их аналитической обработки могли быть использованы против СССР. Помимо прямых улик имелись косвенные: наличие у Юдина радиоприёмника, переданного ему послом Великобритании А.К. Керром на время эвакуации посольства в 1941–1943 гг. в Куйбышев; использование Сергеем Сергеевичем в разговорах слова “совдепия”; нежелание Юдина в период проведения выборов в Верховный Совет СССР заменить портреты хирургов в коридорах Института им. Н.В. Склифосовского портретами членов Политбюро ЦК ВКП(б) и т.д. [17].

<sup>15</sup>О форме и содержании постановления о привлечении данного лица в качестве обвиняемого.

<sup>16</sup>Ст. 58-16 УПК РСФСР предусматривала расстрел с конфискацией имущества за измену Родине, совершённую военнослужащим (С.С. Юдин имел звание полковника медицинской службы); ст. 58-10 ч. 1 — лишение свободы на срок не ниже 6 месяцев за пропаганду или агитацию, содержащую призывы к свержению, подрыву или ослаблению Советской власти; ст. 58-11 — расстрел и конфискацию имущества за участие в организационной деятельности, направленной на подготовку или совершение контрреволюционных преступлений.

Полученные в ходе следствия данные с точки зрения УПК РСФСР от 1922 г. в редакциях 1926, 1927, 1934 и 1946 гг. подпадали под статью 58, введённую в действие ВЦИК СССР 25 февраля 1927 г. и устанавливавшую ответственность за государственные контрреволюционные преступления [23]<sup>17</sup>. При этом часть 1 настоящей статьи подразумевала наказание “за измену Родине”, а часть 10 — “за антисоветскую агитацию и пропаганду”. Осведомлённость С.С. Юдина о недовольстве со стороны высших военных существующими порядками и якобы готовившихся выступить против Советского правительства, согласно статье 58-1 “г”, могли быть квалифицированы как “недонесение о готовящейся или совершённой измене” с лишением свободы на 10 лет. Но эти действия были подведены под статью 58-11 как “организационная деятельность, направленная к подготовке или совершению предусмотренных в настоящей главе преступлений, а равно участие в организации, образованной для подготовки или совершения одного из [таких] преступлений”, что влекло за собой высшую меру наказания (расстрел). Недовольство медицинским снабжением Красной Армии могло быть расценено в соответствии со статьей 58-10 как “пропаганда или агитация, содержащие призыв к свержению, подрыву или ослаблению Советской власти”, за что в военной обстановке наказывали лишением свободы на 10 лет с конфискацией имущества.

Подчеркнём, что статья 58 УПК РСФСР, действовавшая с 1927 по 1961 г., не является экстраординарной. Любое государство имеет право защищать свой строй и свою идеологию, включая и современную Россию [25]. И хотя ничего особенного с точки зрения права в этой статье нет, ей сопутствовала несоизмеримая с современными гуманистическими представлениями тяжесть наказания, чудовищными представляются методы ведения следствия и способы получения признательных показаний унижением, избиениями, пытками.

Как было отмечено, многие авторы неоднократно высказывали мнение о невиновности С.С. Юдина и, соответственно, о необоснованности его ареста в 1948 г. С этим согласно и большинство современных авторов.

На наш взгляд, основная проблема подобных высказываний состоит в том, что о “Деле С.С. Юдина” эти авторы судят с точки зрения *сегодняшнего* дня без попыток проанализировать их с позиций *того времени*. Очевидно, что события 1920–1950-х годов нельзя рассматривать без учёта советской идеологии. И то, что сегодня кажется аб-

<sup>17</sup>С 1921 по 1953 г. за контрреволюционные преступления было осуждено 3 777 380 человек, в том числе к высшей мере наказания приговорены 642 980 человек [24].

сурдом, по законам тех лет было тяжким государственным и уголовным преступлением. С.С. Юдин не стал исключением. Его неоднократно предупреждали, отказывая в отправке рукописей и поездках за границу, но он упорно продолжал жить, “под собою не чуя страны”<sup>18</sup>. Для своего времени он оказался слишком ярким и неординарным, слишком независимым и не сдержанным в поступках, речах и крайне “неразборчивым” в знакомствах.

23 декабря 1948 г. для Юдина началось время, полное душевных и физических страданий, продолжавшееся 4 года, 7 месяцев и 13 дней. 5 марта 1953 г. умер И.В. Сталин. Кошмар предыдущих лет прекратился 13 августа 1953 г. с отменой Решения Особого Совещания бывшего МГБ СССР от 20 февраля 1952 г. о ссылке С.С. Юдина в Новосибирскую область сроком на 10 лет как “неправильного” [16, с. 440]. Но на свободе 63-летний хирург, перенёсший в заключении несколько инфарктов миокарда, прожил менее года.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Арапов Д.А. Сергей Сергеевич Юдин // Вестник АМН СССР. 1954. № 3. С. 58–59.
2. Бочаров А.А. Идеи и труды С.С. Юдина по военно-полевой хирургии и переливанию крови // Хирургия. 1961. № 10. С. 129–132.
3. Петров Б.А. Сергей Сергеевич Юдин // Хирургия. 1961. № 10. С. 2–7.
4. Симонян К.С. Путь хирурга. М.: Медгиз, 1963.
5. Анчелевич В.Д. Выдающиеся деятели советской хирургии. Сергей Сергеевич Юдин (1891–1954). Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1975. С. 337–342.
6. Перцев В.А. Сергей Сергеевич Юдин // Советское здравоохранение. 1988. № 1. С. 55–56.
7. Сметанин Е. 1952 год: после Бутырок — Сибирь // Ленинский путь. 1989. 29 апреля.
8. Куликовская Г. Правда о профессоре Юдине. М.: Библиотека журнала “Огонёк”. 1990. № 7.
9. Юдин И.Ю. Памяти С.С. Юдина — одной из жертв сталинизма // 58-я. Жертвы и палачи. 1994. № 4(15). С. 2–3.
10. Петровский Б.В. Юдин Сергей Сергеевич. Избранное (Из истории медицинской мысли). М.: Медицина, 1991.
11. Нувахов Б.Ш., Шилинис Ю.А., Сигаев В.В. Сергей Юдин: этюды биографии. М.: Новости, 1991.
12. Понурова В.Н. Сергей Сергеевич Юдин. Новосибирск: Новосибирское книжное изд-во, 2009.
13. Наточин Ю.В. Последние годы жизни великого хирурга — Сергея Сергеевича Юдина // Медицина — XXI век. 2007. № 9. С. 7–13.
14. Теряев В.Г., Богницкая Т.Н., Кузыбаева М.П. К 120-летию со дня рождения С.С. Юдина // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2012. № 2. С. 59–61.
15. Гринёв М.В. Сергей Сергеевич Юдин (1891–1954) (к 120-летию со дня рождения в воспоминаниях современников и в память выдающегося “юдинского” феномена) // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. 2012. № 4. С. 9–10.
16. Тополянский В.Д. От редактора. Послесловие. Дело Юдина // С.С. Юдин. Воспоминания. М.: ИД ТОНЧУ, 2012.
17. Дело № 2027 по обвинению Юдина Сергея Сергеевича. МГБ СССР. Следственная часть по особо важным делам. ЦА ФСБ РФ. Р-705. Т. 1–5.
18. Юдин С.С. В гостях у американских хирургов. Глава IV. Cleveland, Ohio. C.W. Grille // Новый хирургический архив. 1927. № XII(47). С. 348–363.
19. Тельман В.Н., Наймов В.П., Плотников Н.С. Лубянка. Сталин и МГБ СССР. Март 1946 г. — март 1953 г. / Под общей редакцией акад. А.Н. Яковлева. М.: МФД “Материк”, 2007.
20. Спецсообщение В.С. Абакумова И.В. Сталину и В.М. Молотову. 10 июня 1948 г. Архив Президента РФ. Ф. 3. Оп. 58. Д. 260. Л. 43–70.
21. Спецсообщение В.С. Абакумова И.В. Сталину с приложением протокола допроса С.С. Юдина. 16 января 1949 г. Архив Президента РФ. Ф. 3. Оп. 58. Д. 316. Л. 98–102.
22. Спецсообщения В.С. Абакумова И.В. Сталину // Военные архивы России. 1993. Вып. 1.
23. Уголовный кодекс РСФСР. Официальный текст с изменениями на 1 ноября 1946 г. и с приложением постатейно-систематизированных материалов. М.: Юридическое изд-во Министерства юстиции СССР, 1947.
24. Уголовный кодекс РСФСР. 58-я статья. [https://ru.wikipedia.org/wiki/58-я\\_статья](https://ru.wikipedia.org/wiki/58-я_статья) (дата обращения 8 мая 2021 г.)
25. Уголовный кодекс РСФСР. Раздел X “Преступления против государственной власти”. Глава 29. Ст. 275–284. Принят Государственной думой 24 мая 1996 г. Одобрен Советом Федерации 5 июня 1996 г. [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_10699](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10699) (дата обращения 8 мая 2021 г.)

<sup>18</sup>Фраза из стихотворения О.Э. Мандельштама, арестованного в 1934 г. за стихотворение “Мы живём, под собою не чуя страны”.