ISSN 0869-5873 (Print)
ISSN 3034-5200 (Online)

Российская Академия Наук

2026, том 96, номер 11 Ноябрь

ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

HERALD OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

НАУКА
1727

ISSN 0869-5873 (Print)
ISSN 3034-5200 (Online)

Российская Академия Наук

ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК / HERALD OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

Научный и общественно-политический журнал

2026 Том 96 № 11

Основан в 1931 г.
Выходит 12 раз в год

Журнал издаётся под руководством Президиума РАН

Главный редактор
В.Я. Панченко

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А.В. Адрианов (ННЦМБ ДВО РАН, Владивосток, РФ), В.П. Анаников (ИОХ РАН, Москва, РФ), А.Л. Асеев (НГУ, Новосибирск, РФ), А.Р. Бахтизин (ЦЭМИ РАН, Москва, РФ), С.И. Безродных (ОМН РАН, Москва, РФ), В.В. Бражкин (ИФВД РАН, Троицк, РФ), Ф.Г. Войтоловский (ИМЭМО РАН, Москва, РФ), А.В. Гавриленко (РНЦХ ИМ. АКАД. Б.В. ПЕТРОВСКОГО, Москва, РФ), А.Д. Гвишиани (ГЦ РФ, Москва, РФ), Ю.Г. Горбунова (МГУ, Москва, РФ), В.И. Данилов-Данильян (ИВП РАН, Москва, РФ), Л.М. Зелёный (ИКИ РАН, Москва, РФ), Н.А. Зиновьева (ФГБНУ “ФИЦ ВИЖ”, Подольск, РФ), Н.И. Иванова (ИМЭМО РАН, Москва, РФ), В.С. Комлев (ИМЕТ РАН, Москва, РФ), С.Н. Кочетков (ИМБ РАН, Москва, РФ), С.В. Кривовичев (КНЦ РАН, Апатиты, РФ), А.П. Кулешов (Сколтех, Москва, РФ), Ю.Ф. Лачуга (Отделение сельхознаук РАН, Москва, РФ), Я.П. Лобачевский (ФНАЦ ВИМ, Москва, РФ), А.В. Лопатин (ПИН РАН, Москва, РФ), Г.Г. Матишов (ЮНЦ РАН, Ростов-на-Дону, РФ), А.М. Молдован (ИРЯ РАН, Москва, РФ), О.С. Нарайкин (НИЦ “Курчатовский институт”, Москва, РФ), В.В. Наумкин (ИВ РАН, Москва, РФ), С.А. Недоспасов (ИМБ РАН, Москва, РФ), А.Д. Некипелов (МГУ, Москва, РФ), Р.И. Нигматулин (ИО РАН, Москва, РФ), Н.Э. Нифантьев (ИОХ РАН, Москва, РФ), М.А. Островский (ИБХФ РАН, Москва, РФ), В.В. Полонский (ИМЛИ РАН, Москва, РФ), И.В. Решетов (Первый МГМУ им. И. М. Сеченова, Москва, РФ), Г.Н. Рыкованов (ФГУП РФЯЦ–ВНИИТФ, Снежинск, РФ), А.В. Сиренов (СПбИИ РАН, Санкт-Петербург, РФ), В.А. Сойфер (Самарский университет, Самара, РФ), О.Н. Соломина (ИГ РАН, Москва, РФ), Г.Т. Сухих (НМИЦ АГП им. В.И. Кулакова, Москва, РФ), И.А. Тайманов (ИМ СО РАН, Новосибирск, РФ), В.А. Тишков (ИЭА РАН, Москва, РФ), В.А. Ткачук (МГУ, Москва, РФ), А.В. Торкунов (МГИМО МИД России, Москва, РФ), И.В. Тункина (Архив РАН, Санкт-Петербург, РФ), М.А. Федонкин (ГИН РАН, Москва, РФ), Т.Я. Хабриева (ИЗиСП, Москва, РФ), В.Ю. Хомич (ИЭЭ РАН, Санкт-Петербург, РФ), В.И. Цетлин (ИБХ РАН, Москва, РФ), В.А. Черешнев (ИИФ УрО РАН, Екатеринбург, РФ), М.Ф. Черныш (ФНИСЦ РАН, Москва, РФ), В.П. Чехонин (РАН, Москва, РФ), А.П. Шкуринов (МГУ, Москва, РФ), И.А. Щербаков (ИОФ РАН, Москва, РФ), А.В. Юревич (ИП РАН, Москва, РФ)

Заместитель главного редактора
Г.А. Заикина

Заведующая редакцией
О.Н. Смола

Адрес редакции: 119071, Москва, Ленинский пр-т, д. 14

E-mail: vestran@pran.ru, vestnik.ran@yandex.ru
Сайт: https://heraldras.ru

Москва
ФГБУ “Издательство “Наука”

© Российская академия наук, 2026

ISSN 0869-5873 (Print)
ISSN 3034-5200 (Online)

Российская Академия Наук

VESTNIK ROSSIYSKOY AKADEMII NAUK / HERALD OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

Scientific and Socio-Political Journal

2026 Vol. 96 No. 11

Founded in 1931
Published monthly

The journal publication is guided by the Presidium of the Russian Academy of Sciences

Editor-in-Chief
V.Ya. Panchenko

EDITORIAL BOARD

A.V. Adrianov (NSCMB FEB RAS, Vladivostok, Russian Federation), V.P. Ananikov (IOC RAS, Moscow, Russian Federation), A.L. Aseev (NSU, Novosibirsk, Russian Federation), A.R. Bakhtizin (CEMI RAS, Moscow, Russian Federation), S.I. Bezrodnykh (DMS RAS, Moscow, Russian Federation), V.V. Brazhkin (IHPP RAS, Troitsk, Russian Federation), V.P. Chekhonin (RAS, Moscow, Russian Federation), V.A. Chereshnev (IIP UB RAS, Yekaterinburg, Russian Federation), M.F. Chernysh (FRSC RAS, Moscow, Russian Federation), V.I. Danilov-Danilyan (IWP RAS, Moscow, Russian Federation), M.A. Fedonkin (GIN RAS, Moscow, Russian Federation), A.V. Gavrilenko (PETROVSKY NRCS, Moscow, Russian Federation), Yu.G. Gorbunova (MSU, Moscow, Russian Federation), A.D. Gvishiani (GC RAS, Moscow, Russian Federation), N.I. Ivanova (IMEMO RAS, Moscow, Russian Federation), T.Ya. Khabrieva (ILCL RAS, Moscow, Russian Federation), V.Yu. Khomich (IEE RAS, Saint Petersburg, Russian Federation), S.N. Kochetkov (IMB RAS, Moscow, Russian Federation), V.S. Komlev (IMET RAS, Moscow, Russian Federation), S.V. Krivovichev (KSC RAS, Apatity, Russian Federation), A.P. Kuleshov (Skoltech, Moscow, Russian Federation), Yu.F. Lachuga (Division of Agricultural Sciences RAS, Moscow, Russian Federation), Ya.P. Lobachevsky (FNAC VIM, Moscow, Russian Federation), A.V. Lopatin (PIN RAS, Moscow, Russian Federation), G.G. Matishov (SSC RAS, Rostov-on-Don, Russian Federation), A.M. Moldovan (IRYa RAS, Moscow, Russian Federation), O.S. Naraikin (NRC "Kurchatov Institute", Moscow, Russian Federation), V.V. Naumkin (IOS RAS, Moscow, Russian Federation), S.A. Nedospasov (IMB RAS, Moscow, Russian Federation), N.E. Nifantiev (IOC RAS, Moscow, Russian Federation), R.I. Nigmatulin (IO RAS, Moscow, Russian Federation), A.D. Nekipelov (MSU, Moscow, Russian Federation), M.A. Ostrovsky (IBCP RAS, Moscow, Russian Federation), V.V. Polonsky (IMLI RAS, Moscow, Russian Federation), I.V. Reshetov (First MSMU named after I.M. Sechenov, Moscow, Russian Federation), G.N. Rykovanov (FSUE RFNC-VNIITF, Snezhinsk, Russian Federation), I.A. Shcherbakov (GPI RAS, Moscow, Russian Federation), A.P. Shkurinov (MSU, Moscow, Russian Federation), A.V. Sirenov (SPb FRC RAS, Saint Petersburg, Russian Federation), V.A. Soifer (Samara University, Samara, Russian Federation), O.N. Solomina (IG RAS, Moscow, Russian Federation), G.T. Sukhikh (NMRC OGP named after V.I. Kulakov, Moscow, Russian Federation), I.A. Taimanov (IM SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation), V.A. Tishkov (IEA RAS, Moscow, Russian Federation), V.A. Tkachuk (MSU, Moscow, Russian Federation), A.V. Torkunov (MGIMO MFA Russia, Moscow, Russian Federation), V.I. Tsetlin (IBCh RAS, Moscow, Russian Federation), I.V. Tunkina (Archives of the RAS, Saint Petersburg, Russian Federation), F.G. Voitolovsky (IMEMO RAS, Moscow, Russian Federation), A.V. Yurevich (IP RAS, Moscow, Russian Federation), L.M. Zelenyi (SRI RAS, Moscow, Russian Federation), N.A. Zinovieva (FGBSI "FRC VIZh", Podolsk, Russian Federation)

Deputy Editor-in-Chief
G.A. Zaikina

Editorial Manager
O.N. Smola

Address: Leninsky Prospekt, 14, Moscow, 119071 Russia

E-mail: vestran@pran.ru, vestnik.ran@yandex.ru
Website: https://heraldras.ru

Moscow
"Nauka" Publishers"

© Russian Academy of Sciences, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

**ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК /
HERALD OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES, 2026, том 96, № 11** **Ноябрь**

С кафедры президиума РАН

Развитие космического сегмента для гелиогеофизических исследований и мониторинга

А.А. Петрукович, Л.М. Зелёный, В.В. Калегаев 921

Гелиогеофизические инструменты нового поколения

Г.А. Жеребцов, А.В. Медведев 933

Наблюдательная наземная гелиогеофизическая сеть Российской академии наук
и прогнозирование параметров космической погоды

А.А. Абунин 948

Нагревные эксперименты и гелиогеофизика

А.В. Шиндин 957

Организация исследовательской деятельности

От публикаций к долгосрочному вкладу и компетенциям: реформирование
оценки учёных за рубежом

И.Г. Лакизо 966

Размышления над новой книгой

Становление молодого учёного – опыт СССР

Л.А. Опенкин 979

Этюды об учёных

Культура как главный смысл и главная ценность
К 120-летию со дня рождения академика Д.С. Лихачёва

В.Е. Багно 988

Безвольфрамовые твёрдые сплавы: разработка и внедрение
К 100-летию со дня рождения академика Г.П. Швейкина

А.В. Дерябина, Е.В. Поляков, В.Г. Бамбуров 998

В мире книг

Рецензия на книгу: Spears D., Geruso M. After the Spike: Population,
Progress, and the Case for People

А.Р. Бахтизин 1008

CONTENTS

**VESTNIK ROSSIYSKOY AKADEMII NAUK /
HERALD OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES, 2026, vol. 96, no. 11** **November**

From the Rostrum of the RAS Presidium

Development of the space segment for heliogeophysical research and monitoring
A.A. Petrukovich, L.M. Zeleny, V.V. Kalegaev 921

New generation of heliogeophysical instruments
G.A. Zherebtsov, A.V. Medvedev 933

Observational ground-based heliogeophysical network of the Russian Academy of Sciences and prediction of space weather parameters
A.A. Abunin 948

Heating experiments and heliogeophysics
A.V. Shindin 957

Organisation of Research Activity

From publications to long-term contributions and competencies: researcher assessment reforming abroad
I.G. Lakizo 966

Reflections on a New Book

The Formaition of a Young Scientist: The USSR Experience
L.A. Openkin 979

Profiles

Culture as the primary meaning and core value
On the 120th Anniversary of the Birth of Academician D.S. Likhachev
V.E. Bagno 988

Tungsten-free hard alloys: development and implementation
On the 100th anniversary of the birth of academician G.P. Shveikin
A.V. Deryabina, E.V. Polyakov, V.G. Bamburov 998

In the Book World

Review of the book: Spears D., Geruso M. After the Spike: Population, Progress, and the Case for People
A.R. Bakhtizin 1008

С КАФЕДРЫ ПРЕЗИДИУМА РАН
FROM THE ROSTRUM OF THE RAS PRESIDIUM

DOI: 10.7868/S3034520026110016 Оригинальная статья

РАЗВИТИЕ КОСМИЧЕСКОГО СЕГМЕНТА ДЛЯ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И МОНИТОРИНГА

А.А. Петрукович[1,*], Л.М. Зелёный[1], В.В. Калегаев[2]

[1]Институт космических исследований РАН, 117997, Москва, Российская Федерация
[2]Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Российская Федерация
**E-mail: a.petrukovich@cosmos.ru*

Аннотация. Статья посвящена российским гелиогеофизическим исследованиям – изучению солнечной активности, межпланетной плазменной среды, их влияния на околоземное космическое пространство, магнитосферу и ионосферу Земли, а также на технические системы. Многие наблюдения, прежде всего короны Солнца, солнечного ветра и магнитосферы Земли, могут быть выполнены только с борта космических аппаратов, и в настоящее время в космосе работают десятки спутников, решающих такие задачи. Российская космическая группировка гелиогеофизического назначения создаётся в рамках Федеральной космической программы (до 2025 г.) и Национального проекта “Космос”. Федеральный проект “Космическая наука” предусматривает в период до 2035 г. реализацию четырёх проектов фундаментальных исследований: “Резонанс-МКА”, “Нуклон-2”, “Арка”, “Резонанс”. Мониторинг в интересах Росгидромета обеспечивает попутная полезная нагрузка на КА ДЗЗ “Метеор-М”, “Электро-Л”, “Арктика-М”. В 2025 г. введён в эксплуатацию космический комплекс “Ионозонд” для мониторинга ионосферы, обеспечивающий приоритетные наблюдения в интересах фундаментальной науки. Кроме того, российские научные организации и университеты активно реализуют программы запусков кубсатов с аппаратурой гелиогеофизического назначения.

Ключевые слова: российская космическая программа, космическая наука, солнечная активность, солнечно-земные связи, магнитосфера, ионосфера, космические лучи

Финансирование. Исследование проведено без дополнительного финансирования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи.

Благодарности. Авторы благодарны сотрудникам Управления РАН по координации космических исследований, коллегам из институтов РАН, являющихся головными научными организациями по космическим проектам: ИКИ РАН, ИЗМИРАН, НИИЯФ МГУ, ФИАН.

Ссылка для цитирования: Петрукович А.А., Зелёный Л.М., Калегаев В.В. Развитие космического сегмента для гелиогеофизических исследований и мониторинга. *Вестник РАН / Herald of the Russian Academy of Sciences.* 2026. Том 96. № 11. С. 921–932. https://doi.org/10.7868/S3034520026110016

Поступила в редакцию 29.05.2026
После доработки 15.06.2026
Принята к публикации 30.06.2026

ПЕТРУКОВИЧ Анатолий Алексеевич – академик РАН, директор ИКИ РАН, Москва, Российская Федерация, e-mail: a.petrukovich@cosmos.ru, https://orcid.org/0000-0002-2117-9842. ЗЕЛЁНЫЙ Лев Матвеевич – академик РАН, научный руководитель ИКИ РАН, Москва, Российская Федерация, e-mail: lzelenyi@cosmos.ru, https://orcid.org/0000-0002-2052-1941. КАЛЕГАЕВ Владимир Владимирович – доктор физико-математических наук, заведующий отделом космических наук НИИЯФ МГУ, Москва, Российская Федерация, e-mail: klg@dec1.sinp.msu.ru, https://orcid.org/0000-0002-3214-7184.

© Петрукович А.А., Зелёный Л.М., Калегаев В.В., 2026

С КАФЕДРЫ ПРЕЗИДИУМА РАН
FROM THE ROSTRUM OF THE RAS PRESIDIUM

DOI: 10.7868/S3034520026110016 Original Article

DEVELOPMENT OF THE SPACE SEGMENT FOR HELIOGEOPHYSICAL RESEARCH AND MONITORING

A.A. Petrukovich[1,*], L.M. Zeleny[1], V.V. Kalegaev[2]

[1]Space Research Institute RAS, 117997, Moscow, Russian Federation
[2]Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, Russian Federation
**E-mail: a.petrukovich@cosmos.ru*

Abstract. This article is devoted to Russian heliogeophysical research, specifically the study of solar activity, the interplanetary plasma medium, and their impact on near-Earth space, the Earth's magnetosphere and ionosphere, as well as technical systems. Many observations, primarily of the solar corona, solar wind, and Earth's magnetosphere, can only be performed from spacecraft, and dozens of satellites currently operate in space solving such problems. The Russian heliogeophysical space constellation is being created within the framework of the Federal Space Program (until 2025) and the National Project "Cosmos". The Federal Project "Space Science" envisages the implementation of four fundamental research projects by 2035: Resonance-MKA, Nuklon-2, Arka, and Resonance. Monitoring for Roshydromet is provided by the accompanying payload on the Meteor-M, Elektro-L, and Arktika-M remote sensing satellites. In 2025, the Ionozond space complex for ionospheric monitoring was commissioned, providing priority observations for fundamental science. In addition, Russian scientific organizations and universities are actively implementing programs to launch CubeSats carrying heliogeophysical instruments.

Keywords: Russian space program, space science, solar activity, solar-terrestrial relations, magnetosphere, ionosphere, cosmic rays

Funding. The study was conducted without additional funding.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Author contributions. All authors made significant contributions to the concept development, conduct of the study, and preparation of the article.

Acknowledgments. The authors are grateful to the staff of the Russian Academy of Sciences' Space Research Coordination Office and colleagues from RAS institutes that are the lead research organizations for space projects: Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Institute of Nuclear Physics of the Russian Academy of Sciences, Moscow State University's Institute of Nuclear Physics, and Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences.

For citation: Petrukovich A.A., Zeleny L.M., Kalegaev V.V. Development of the space segment for heliogeophysical research and monitoring. *Vestnik Rossijskoj Akademii Nauk / Herald of the Russian Academy of Sciences.* 2026, vol. 96, no. 11, pp. 921–932. (In Russ.) https://doi.org/10.7868/S3034520026110016

Received May 29, 2026
Revised June 15, 2026
Accepted June 30, 2026

PETRUKOVICH Anatoly A. – Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the Institute of Space Research of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation, e-mail: a.petrukovich@cosmos.ru, https://orcid.org/0000-0002-2117-9842. ZELENY Lev M. – Academician of the Russian Academy of Sciences, scientific director of the Institute of Space Research of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation, e-mail: lzelenyi@cosmos.ru, https://orcid.org/0000-0002-2052-1941. KALEGAEV Vladimir V. – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Department of Space Sciences, SINP MSU, Moscow, Russian Federation, e-mail: klg@dec1.sinp.msu.ru, https://orcid.org/0000-0002-3214-7184.

© Petrukovich A.A., Zeleny L.M., Kalegaev V.V., 2026

Гелиогеофизика – наука о солнечной активности, о межпланетной плазменной среде, их влиянии на околоземное космическое пространство, о магнитосфере и ионосфере Земли, динамике геомагнитного поля. Прикладная тематика связана с воздействием природных факторов гелиогеофизического происхождения на технические системы. Многие наблюдения, прежде всего короны Солнца, солнечного ветра и магнитосферы Земли, могут быть выполнены только с борта космических аппаратов, и в настоящее время в космосе работают десятки спутников, решающих такие задачи.

Исследования и мониторинг гелиогеофизической обстановки (ГГФО) – одно из важнейших направлений космической науки и техники, обеспечивающее получение информации о состоянии околоземного и межпланетного космического пространства: о потоках ионизирующего излучения, плазме, энергичных частицах, солнечном, магнитосферном и земном магнитных полях и пр. Данные природные факторы оказывают существенное влияние на устойчивость космической деятельности в целом, на работу ряда наземных технических систем.

Прикладное и фундаментальное направления гелиогеофизической тематики тесно связаны. В рамках фундаментальных исследований генерируются новые знания, создаются новые приборы и компетенции. На основе полученных знаний средства мониторинга обеспечивают проведение постоянных наблюдений практически важных параметров. В свою очередь система мониторинга снабжает фундаментальные исследования высоконадёжными наборами длительных наблюдений.

Наблюдения гелиогеофизической обстановки, лежащие в основе и фундаментальных исследований, и прикладного мониторинга, ведутся по десяткам различных измерительных параметров, характеризующих плазменную среду от Солнца до поверхности Земли. Атмосфера и магнитное поле Земли эффективно защищают всё живое на планете от воздействия опасных гелиогеофизических явлений, таких как потоки солнечной, галактической и магнитосферной радиации, но, с другой стороны, препятствуют их прямому наблюдению с поверхности Земли. Поэтому значительная часть необходимых измерений ГГФО должна выполняться с борта космических аппаратов, находящихся за пределами атмосферы или даже магнитосферы Земли.

Советская космическая программа в интересах исследований и мониторинга ГГФО была достаточно обширной, что, в частности, позволило сформировать конкурентоспособные научные школы, обеспечило космическую отрасль информацией, необходимой для её развития. В настоящее время начата реализация национального проекта “Космос” на период 2026–2036 гг. [1], который включает ряд работ по созданию космического сегмента как фундаментального, так и прикладного назначения.

В данной публикации представлен краткий обзор тематики, описаны отечественные и зарубежные действующие и перспективные космические проекты, приведены требования системного характера, предъявляемые к средствам исследований и мониторинга.

ПРЕДМЕТ ГЕЛИОГЕОФИЗИКИ

Плазма (газ, состоящий из электронов и ионов) – один из основных видов материи в космосе. Плазма короны Солнца, истекая в межпланетное пространство в виде солнечного ветра, создаёт гелиосферу, вытесняя межзвёздную плазму из Солнечной системы. Во время проявлений солнечной активности (солнечные вспышки и др.) спорадические потоки солнечных космических лучей (СКЛ), жёсткого электромагнитного излучения, выбросы солнечной корональной плазмы после вспышек и истечение ускоренного солнечного ветра из корональных дыр создают аномальные вариации в околоземном космическом пространстве.

Верхние слои атмосферы под действием космических ионизирующих излучений формируют ионосферу. Магнитное поле Земли во взаимодействии с солнечным ветром создаёт магнитосферу и радиационные пояса. Наиболее заметные проявления последствий всплесков солнечной активности – магнитные суббури (возмущения геомагнитного поля и магнитосферы, локализованные в полярных широтах), происходящие вследствие регулярных вариаций солнечного ветра, и глобальные магнитные бури, связанные с аномально усиленным солнечным ветром, например после столкновения Земли с выбросом корональной массы. Интенсивность этих процессов определяется прежде всего амплитудой и ориентацией межпланетного магнитного поля.

Похожая на околоземную плазма является основным элементом многих астрофизических объектов, именно в ней генерируются магнитные поля и ускоряются космические лучи. Только рядом с Землёй возможно изучение этих процессов изнутри среды, с помощью космических аппаратов.

На сегодняшний день [2] в целом определена крупномасштабная феноменология солнечно-земных связей, идентифицированы и описаны ключевые физические процессы, отвечающие за динамику космической плазмы, созданы специализированные средства измерений и космические аппараты. Требуются дальнейшие исследования физических основ взрывных явлений: солнечных вспышек, суббурь, пересоединения, ускорения частиц, взаимосвязей различных плазменных явлений на всей совокупности масштабов – от миллисекунд и метров до миллионов километров и часов.

Практически важные аспекты гелиогеофизики объединяет понятие “космическая погода” [2–5]. Основная задача мониторинга гелиогеофизической обстановки – предоставление информации для фиксации и прогноза опасных явлений космической погоды.

Вариации ГГФО влияют на технические системы. Это радиационные повреждения электроники космических аппаратов, радиационные опасности для

космонавтов и высотных самолётов на приполярных трассах под воздействием космических лучей и магнитосферной плазмы; торможение космических аппаратов на низких орбитах об атмосферу под воздействием солнечного излучения и радиации; помехи в космической и наземной связи, дальней радиолокации, сигналах спутниковой навигации в связи с динамикой ионосферы; сбои в протяжённых наземных электросистемах в энергетике, транспорте и др. Одним из объектов изучения является воздействие ГГФО на климат и здоровье людей, а также возможность искусственных техногенных эффектов на природные среды.

Зона повышенной опасности гелиогеофизического характера – полярные регионы Земли из-за их магнитной связи с дальней динамичной магнитосферой. Необходимо отметить и новую цель прикладных исследований, связанную с обеспечением длительных полётов человека в дальнем космосе. В последние годы стала очевидной необходимость обновления моделей природной среды от верхней атмосферы до солнечной короны вследствие вековых вариаций геомагнитного поля, солнечной активности и глобального потепления.

ТРЕБОВАНИЯ К КОСМИЧЕСКОМУ СЕГМЕНТУ

В связи с необходимостью проведения непрерывных одновременных наблюдений десятков разнородных параметров в различных точках космического пространства сегодня в мире общее количество специализированных космических аппаратов перевалило за сто, а количество типов необходимой измерительной аппаратуры составляет несколько десятков. Перечень наблюдаемых физических параметров включает [2, 6]:

• изображения Солнца, солнечной короны в видимом, ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах, в том числе магнитограммы, вычисляемые по характеристикам линий излучения в видимом диапазоне;

• излучение полного диска Солнца во всех диапазонах электромагнитного спектра – от радио- до рентгеновского;

• потоки частиц космических лучей и радиационных поясов Земли в зависимости от массы ионов и энергии;

• потоки “горячих” (0.1–100 кэВ) ионов и электронов с распределением по энергии, массовому составу и направлению распространения в солнечном ветре, магнитосфере Земли;

• постоянные и переменные магнитное и электрическое поля в солнечном ветре, магнитосфере и ионосфере Земли в диапазоне частот до единиц МГц;

• параметры холодной плазмы (до 100 эВ) и нейтральных газовых компонентов в ионосфере и верхней атмосфере Земли, определяемые в том числе дистанционными методами радиопросвечивания и активного зондирования;

• свечения верхней атмосферы в видимом и УФ-диапазоне (в том числе полярные сияния).

С прикладной точки зрения получаемая информация делится на два потока: мониторинг текущих непосредственно практически значимых характеристик окружающей среды (состояние ионосферы, радиационных поясов, солнечного излучения и пр.) и информация, необходимая для формирования прогноза ГГФО. К последнему типу относятся большинство видов наблюдений Солнца, необходимых для прогноза геомагнитной активности на несколько дней и более вперёд, прогноза всплесков солнечной радиации, а также наблюдения межпланетной среды (параметры солнечного ветра и межпланетного магнитного поля), необходимые для прогноза магнитных бурь и суббурь на несколько часов вперёд.

Для обеспечения подобных измерений необходимо размещать космические аппараты на различных орбитах:

• на низкой околоземной околополярной (300–1000 км) для наблюдений ионосферы, радиационных поясов, Солнца;

• на геостационарной для регистрации потоков частиц солнечных космических лучей и внешнего радиационного пояса, магнитосферы, солнечного излучения;

• на высокоапогейной эллиптической (апогей до 100 000 км) для наблюдений магнитосферы и, временами, межпланетной среды;

• в солнечно-земных точках либрации L1 (L5) для наблюдений межпланетной среды и солнечного излучения.

Специфика задач налагает определённые требования к конструкции и системам космических аппаратов: для наблюдений Солнца необходима высокоточная трёхосная ориентация спутника; для наблюдений локальной плазмы магнитосферы и солнечного ветра космический аппарат должен вращаться; для ионосферных наблюдений КА должен быть стабилизирован по вектору скорости и по направлению в надир; для локальных измерений электромагнитных полей нужна система штанг с размахом до десятков метров, а также выполнение требований электростатической, магнитостатической и электромагнитной совместимости бортовой аппаратуры. Сети наземных станций приёма спутниковой информации также выстраиваются по типам орбиты. Непрерывный приём данных с космических аппаратов, находящихся в точке либрации, требует как минимум трёх станций на разных долготах земного шара в умеренных широтах. Для своевременного приёма данных с низкой орбиты необходим сброс на каждом витке, обеспечивающий задержки получения данных в пределах получаса.

В связи с подобным разнообразием наблюдений и спектра исследований космическая группировка, хоть сколько-нибудь полно решающая данные задачи, может быть сформирована только на международном уровне. В России, с учётом наличия требований обеспечения широкого спектра суверенных интересов, с одной стороны, и объективных ресурсных ограничений – с другой, встаёт задача формирования оптимального состава космической группировки. Такая отечественная космическая группировка должна соответствовать следующим требованиям:

• решение конкурентоспособных задач фундаментальных исследований в рамках программ, определённых Российской академией наук, чтобы занять значимое место в международной науке и сохранить суверенную экспертизу по ключевым компетенциям; при этом полный спектр исследований должен проводиться в международной кооперации с соответствующим обменом данными;

• обеспечение независимого прогноза ГГФО посредством мониторинга показателей солнечной активности, межпланетной среды, околоземного космического пространства;

• обеспечение информацией о ГГФО, необходимой российской космической группировке, другим отраслям экономики.

ЗАРУБЕЖНЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ СЕГМЕНТ

Абсолютное большинство зарубежных космических аппаратов, предназначенных для исследований и мониторинга ГГФО, принадлежат США (десятки КА). Реализуются многочисленные космические проекты, ориентированные на проведение исследований фундаментальных основ солнечно-земных связей. Отметим два последних запуска флагманских проектов NASA: КА Solar Probe+ (2018) призван дать ответ на ряд ключевых вопросов солнечной физики о механизмах нагрева солнечной короны, ускорения частиц и солнечного ветра и др.; четыре КА MMS (2017) нацелены на детальное исследование процессов, связанных с магнитным пересоединением в магнитосфере Земли. В той или иной мере многие из спутников NASA выполняют функции мониторинга. В частности, наиболее известны два проекта: ACE – монитор солнечного ветра в точке либрации, в настоящее время выводимый из эксплуатации, и SDO – солнечный телескоп, обеспечивающий основной мониторинг диска Солнца в различных диапазонах длин волн с 2010 г.

В дополнение к флагманским миссиям реализуется обширная программа малых миссий, использующих стандартные платформы космических аппаратов (начиная с кубсатов[1]). Например, только в 2025 г. запущено три космических аппарата для наблюдений в передней точке либрации системы Солнце–Земля (SWFO-L1, IMAP, Carruthers), два – для исследований воздействия солнечного ветра на Марс (ESCAPADE), два – для изучения высыпаний плазмы из магнитосферы в высокоширотную ионосферу (TRACERS), три кубсата – для измерений силы авроральных токов в ионосфере (EZIE), шесть кубсатов – для измерений солнечного радиоизлучения (SunRISE), четыре малых спутника – для наблюдений солнечной короны (PUNCH).

За прикладной мониторинг отвечает агентство NOAA, многие данные которого также доступны в реальном времени. Наиболее известны КА серии NOAA/POES (метеоспутники, ведущие мониторинг высыпаний в ионосферу), серии GOES (мониторинг солнечной радиации и условий на геостационарной орбите), КА DSCOVR (мониторинг солнечного ветра). Министерство обороны США обеспечивает мониторинг ионосферы на КА серии DMSP, данные которого частично доступны.

В целом в США работы по исследованию негативного влияния факторов околоземного космического пространства на все сферы деятельности государства и разработке методов их парирования ведутся в соответствии с Национальным планом стратегии и действий по космической погоде [6], другими отраслевыми документами [7, 8].

Программа Европейского космического агентства (ESA) менее масштабная. В частности, КА SOHO – единственный источник данных о динамике короны Солнца. Мониторинг высыпаний в ионосферу ведётся на метеоспутниках (совместная программа с США), фундаментальные исследования – на КА Cluster, Swarm, Proba. Запущенный в 2020 г. КА Solar Orbiter предназначен для наблюдений Солнца, включая приполярные области, с близкого расстояния (примерно с орбиты Меркурия). В 2026 г. запущен совместный с Китаем космический аппарат SMILE для дистанционных наблюдений магнитосферы Земли и полярного овала, на 2030 г. запланирован проект VIGIL со спутником в боковой точке либрации Солнце–Земля для фланговых наблюдений распространения выбросов плазмы к Земле.

Амбициозную космическую программу в настоящее время развивает Китай. На орбите находятся солнечный телескоп и спутники для мониторинга ионосферы. В ближайшие несколько лет должны быть запущены также спутники для мониторинга и исследований Солнца из различных точек гелиосферы. Индия и Япония запускают отдельные КА для фиксации гелиогеофизических явлений.

Наблюдения ГГФО – одна из основных возможных научных задач наноспутников формата “кубсат”. Уже реализовано несколько десятков проектов этой тематики, однако их данные далеко не всегда доступны в регулярном режиме.

Международная кооперация в области фундаментальных исследований формируется на нескольких уровнях взаимодействия:

• определение приоритетов и научных задач отдельных проектов международными группами экспертов;

• согласование взаимодополняющих целей и параметров отдельных проектов;

• привлечение зарубежных экспериментов (приборов) в национальные проекты;

• обмен данными через публичные архивы;

• проведение совместных исследований.

В качестве примера международных усилий можно отметить, например, работу координационной группы космических агентств по солнечно-земной физике (ILWS), которая обеспечивает многостороннее обсуждение возможных вариантов сотрудничества при разработке новых проектов, а также создание под

[1] Кубсат (англ. CubeSat – cube + satellite) – формат малых (сверхмалых) искусственных спутников Земли, состоящих из нескольких стандартных блоков, имеющих габариты 10×10×10 см.

эгидой Комитета по космическим исследованиям при Международном совете по науке (COSPAR) стратегии исследований космической погоды, в котором принимали участие и российские специалисты [5]. Задачи мониторинга ГГФО на самом общем международном уровне координируются в рамках комитета ООН по использованию космического пространства в мирных целях [9] и Всемирной метеорологической организации (WMO) [10].

Калиброванные данные практически всех западных проектов открыты (интернет-архив CDAWeb [11] и некоторые другие). Открыта также значительная часть зарубежных оперативных наблюдений Солнца, солнечного ветра, динамики магнитосферы, в основном в целях наиболее полного её использования научными организациями для разработки новых методов прогноза и моделирования ГГФО. С другой стороны, многие данные прикладных КА и наземных станций либо закрыты, либо размещаются в открытом доступе с некоторой задержкой.

ДЕЙСТВУЮЩИЙ РОССИЙСКИЙ КОСМИЧЕСКИЙ СЕГМЕНТ

Советская программа исследований и мониторинга гелиогеофизической обстановки, начиная с первых спутников, была весьма разнообразна. Советским учёным принадлежит первенство в открытии солнечного ветра, плазмопаузы, внешнего радиационного пояса [12]. В 1960–1980-е годы запускались многочисленные КА серий “Прогноз”, “Протон”, “Электрон”, “Интеркосмос”. После 1990 г. было запущено три КА для исследования Солнца: “Коронас-И” (1994), “Коронас-Ф” (2001) [13], “Коронас-Фотон” (2009) [14], а также комплекс для исследований магнитосферы “Интербол”, состоявший из четырёх КА (1995, 1996) [15], микроспутники “Татьяна-1” (2005–2007) и “Татьяна-2” (2009) для исследований радиационных поясов и транзиентных свечений в атмосфере [16].

После 2010 г. в связи с общим замедлением российской космической программы были реализованы только малый комплекс для исследований солнечного ветра “Плазма-Ф” на КА “Спектр-Р” (2011–2019) [17], малый космический аппарат “Вернов” для наблюдений радиационных поясов с низкой околоземной орбиты (2014) [18] и космическая обсерватория “Ломоносов” (2016) для изучения транзиентных явлений в атмосфере, магнитосфере и дальнем космосе [19].

В рамках научной программы МКС реализованы микроспутник для исследований атмосферно-ионосферного взаимодействия “Чибис-М” (2011–2013) [20], эксперимент для изучения электромагнитного окружения МКС “Обстановка” (2011–2013) [21], эксперимент для исследования транзиентных электромагнитных процессов в атмосфере “УФ-атмосфера” [22]. В настоящее время к включению на МКС готовится прибор для измерений терагерцового излучения Солнца “Солнце-Терагерц” [23].

Российская программа прикладного мониторинга ГГФО в настоящее время включает специализированные комплексы аппаратуры ГГАК на КА “Электро-Л”, “Метеор-М”, “Арктика-М”, которые обеспечивают базовые солнечные, радиационные и ионосферные наблюдения.

В 2024–2025 гг. проведён успешный запуск четырёх космических аппаратов “Ионосфера-М”, предназначенных для мониторинга и исследований ионосферы Земли в интересах Росгидромета и Российской академии наук [24, 25]. В ноябре 2025 г. космическая система “Ионозонд” принята в эксплуатацию “без ограничений”. Комплекс целевой аппаратуры в основном создан организациями научного сектора. Целевая аппаратура включает прежде всего приборы для радиозондирования ионосферы (орбита спутников на высоте более 800 км находится существенно выше основного максимума плотности ионосферы), детекторы собственных электрических и магнитных шумов плазмы, детекторы солнечной и другой космической радиации, а также спектрометр для мониторинга озона и других малых газов в атмосфере. Ряд видов наблюдений, которые осуществляет этот комплекс, не реализовывался в космосе более 30 лет или превосходит мировой уровень. Например, успешно работают ионозонды – радиолокаторы в диапазоне частот 1–20 МГц; они позволяют получать глобальную картину максимума плотности электронов ионосферы, необходимую в том числе для определения условий радиосвязи. Благодаря использованию пунктов приёма данных Росгидромета производится оперативный сброс более 60 гигабайт информации в сутки, что обеспечивает непрерывный мониторинг всего земного шара в наиболее подробном режиме измерений без сжатия информации. Это особенно важно для научных исследований в самых разных областях земного шара за пределами границ России. Подобные наблюдения высоко востребованы как профильными ведомствами, так и научным сообществом, к ним проявляют интерес и страны БРИКС.

С запуском аппаратов “Ионосфера-М” гелиогеофизический мониторинг околоземного космического пространства на 90% обеспечивается отечественными средствами. Однако результаты наблюдения Солнца и солнечного ветра, от которых критически зависит прогноз гелиогеофизической обстановки, по-прежнему заимствуются из зарубежных источников, так как из-за недостатка финансирования не был реализован пятый элемент группировки – спутник для наблюдений Солнца.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РОССИЙСКИЕ ПРОЕКТЫ

Федеральный проект “Космическая наука” предусматривает серию миссий, которые прошли серьёзный конкурентный отбор в Совете РАН по космосу. Они закрепляют значимую роль России в научном космосе, развивают компетенции ключевых и традиционных научных школ СССР и России, создают технологические заделы для решения прикладных задач.

Программа исследований околоземного космоса получит взаимоувязанную систему аппаратов для изучения всей цепочки солнечно-земных связей начиная с солнечной активности и заканчивая радиацией

на низких околоземных орбитах. Эти проекты дают уникальную возможность изучать космическую плазму изнутри. Вторая важнейшая задача – установление причинно-следственных связей в системе влияния солнечной активности и солнечного ветра на магнитосферу и ионосферу Земли. Такие исследования должны создать фундаментальный задел для развития прикладной тематики.

В рамках проекта "Резонанс" (головная научная организация – ИКИ РАН) будет запущено несколько малых космических аппаратов для диагностики воздействия солнечного ветра на магнитосферу Земли как на её границах, так и в глубине – в зоне полярных сияний и внешнем радиационном поясе [26]. Первый спутник будет запущен в 2030 г. на высокоапогейную орбиту с максимальным расстоянием до Земли более 150 тыс. км, далеко выходящую за пределы магнитосферы в солнечный ветер. Несмотря на то, что плотность кинетической энергии солнечного ветра в десятки раз превышает энергию электромагнитную, именно направление межпланетного магнитного поля полностью определяет состояние магнитосферы. Механизмы этого воздействия – магнитное пересоединение на магнитопаузе, то есть границе магнитосферы, закачка энергии в хвост магнитосферы и, наконец, взрывные процессы высвобождения энергии магнитосферы (суббури и бури) – станут основными целями первого этапа проекта. На аппарате будет установлен набор спектрометров ионов и электронов плазмы, датчики электрического и магнитного полей, которые позволят детально измерить все характеристики плазмы в местах нахождения аппарата. Предполагается, что данные, полученные в рамках этого проекта, будут анализироваться в тесной координации с измерениями на других, зарубежных, спутниках, также находящихся в магнитосфере.

На втором этапе, в 2035 г., предполагается запустить два близколетящих космических аппарата на орбиту с апогеем примерно 40 000 км во внутренней магнитосфере. Эта орбита удобна для исследования динамики внешнего радиационного пояса, который наиболее опасен для геостационарных и навигационных космических аппаратов из-за резких вариаций потоков релятивистских электронов, возникающих во время геомагнитных возмущений, а также для исследования механизмов ускорения электронов в так называемой авроральной магнитосфере над зонами полярных сияний. Это одна из важнейших задач фундаментальной физики космической плазмы: подобные механизмы не могут быть описаны в рамках классической теории и представляют собой сложные нелинейные схемы постепенного ускорения электромагнитными полями, возникающими самосогласованным образом при движении фоновых низкоэнергичных электронов. Проведение скоординированных измерений на двух близколетящих спутниках позволит определить длину волны плазменных колебаний и определить характерный масштаб ускоряющих электрических полей и магнитных полей. Запланировано проведение совместных экспериментов с привлечением высокомощных наземных стендов радиоизлучения.

Предполагается, что в рамках проекта "Резонанс" будет создана новая стандартная платформа малого космического аппарата с массой до 400 кг, которая будет применяться и для будущих проектов по солнечно-земной физике. Кроме того, впервые планируется создать полностью отечественный комплекс научной аппаратуры, который может стать прототипом целевой аппаратуры проектов прикладного мониторинга солнечного ветра, магнитосферы и ионосферы Земли.

Космический аппарат "Арка" (головная научная организация – ФИАН) нацелен на диагностику солнечной активности, вариаций солнечного излучения, наиболее сильно влияющего на Землю. Основной прибор этого космического аппарата – УФ-телескоп для съёмок ближней короны Солнца со сверхвысокой, ранее недостижимой детализацией менее 100 км (на поверхности Солнца). Сегодня, несмотря на огромный объём имеющейся информации, мы не можем достоверно предсказать момент и силу солнечной вспышки за пределами общего утверждения о её повышенной вероятности при наличии солнечного пятна определённой конфигурации. Кроме того, неясно, каким образом нагревается корона Солнца, которая на три порядка горячее нижележащей фотосферы, и благодаря какому механизму ускоряется солнечный ветер. По современным представлениям все эти явления могут объясняться плазменными процессами именно на масштабах менее 100 км, связанными с малыми "жгутами" усиленного магнитного поля, так называемыми нановспышками. Космический аппарат "Арка" должен быть запущен в 2033 г.

Наконец, проект "Нуклон-2" (головная научная организация – НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына, МГУ) предназначен для исследования вариаций солнечных и галактических космических лучей (СКЛ и ГКЛ). Спектрометр "Нуклон-2" обеспечит прецизионные измерения энергии и направления прилёта частиц космических лучей в области энергий от 0.03 до 3 ГэВ/нуклон. Это позволяет определять спектральные характеристики самых мощных солнечных протонных событий, вариации ГКЛ под воздействием эффекта солнечной модуляции (в эпоху максимума солнечного цикла наблюдается понижение потоков ГКЛ, что критически важно для оценки радиационных рисков при планировании длительных космических миссий).

Астрофизические аспекты эксперимента "Нуклон-2" связаны с изучением зарядового и изотопного состава сверхтяжёлых ядер космических лучей. Эти данные несут в себе знания о галактическом нуклеосинтезе в современную космологическую эпоху, позволяют определить характеристики межзвёздной среды и параметры распространения космических лучей в ближней области Галактики [27]. Геометрический фактор спектрометра составляет 0.8 м^2 стер, что более чем в 30 раз превышает таковой у единственного созданного ранее космического инструмента аналогичной конструкции ACE/CRIS; это позволит продвинуться в анализе изотопного состава в совершенно не изученную область более тяжёлых ядер космических лучей [28]. В целом уникальная конструкция прибора,

основанного на использовании идеи ионизационного калориметра, позволит решать следующие задачи:

• измерять потоки ГКЛ и СКЛ в области энергий солнечной модуляции в течение периодов низкой и высокой солнечной активности;

• поэлементно определять зарядовый состав космических лучей вплоть до границ известного списка стабильных ядер Z=1–92 при энергиях 0.03–3 ГэВ/нуклон;

• детально исследовать изотопный состав обильных ядер Z=1–26 при энергиях 0.03–1 ГэВ/нуклон;

• изучать изотопный состав сверхтяжёлых ядер космических лучей за пиком железа, от Z=27 до Z~60 при энергиях 0.1–1 ГэВ/нуклон.

Прикладной мониторинг ГГФО в рамках национального проекта “Космос” предполагается осуществлять с помощью “попутной” целевой аппаратуры, устанавливаемой на космических аппаратах метеорологического назначения “Метеор-М”, “Электро-Л”, “Арктика-М”. Данный комплекс КА обеспечивает базовый уровень мониторинга солнечной и магнитосферной радиации, а также динамики ионосферы.

В то же время не предусмотрено создание специализированных космических аппаратов гелиогеофизического назначения, в том числе новых аппаратов “Ионосфера”, которые должны были быть запущены для восполнения группировки после окончания работы действующих КА (нормативный срок – пять лет). Также в программу не включены космические аппараты для мониторинга Солнца и солнечного ветра, работы по созданию авровизора – прибора для дистанционных наблюдений активности всей полярной ионосферы одновременно. Отсутствие такого рода проектов не позволит обеспечить независимый российский прогноз солнечной активности и уверенный контроль гелиогеофизической обстановки в приполярных районах, а значит, придётся и впредь использовать открытые зарубежные данные.

Несмотря на это, профильные научные организации РАН, ГК “Роскосмос” и Росгидромета активно разрабатывают основы создания такой группировки [29, 30]. Прорабатывается облик целевой аппаратуры для следующего поколения КА “Ионосфера”: прежде всего речь идёт об ионозонде отечественного производства, более совершенных приёмниках сигналов глобальной навигационной спутниковой системы. В рамках работ по системе “Млечный путь” завершён аванпроект спутника-монитора солнечного ветра и Солнца, а аналоги его целевой аппаратуры либо прошли эскизное проектирование в рамках других проектов, либо уже испытываются на стадии макетов или лётных образцов.

СВЕРХМАЛЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

В последние годы существенно увеличилось количество запусков КА сверхмалых форматов: микро- (менее 100 кг) и наноспутников (менее 10 кг) [31]. Исследования локальной космической среды, которые могут быть выполнены относительно компактными приборами, – одна из основных декларируемых задач для таких космических аппаратов [32, 33]. Сверхмалые спутники не заменяют собой большие, они, скорее, заполняют свободные ниши в спектре решения прикладных и фундаментальных задач, недоступных для обычных спутников по техническим или финансовым причинам. Важнейший фактор – относительная быстрота реализации малых проектов.

Как показала практика, на наноспутниках формата 3U (кубсат) могут быть размещены 1–2 прибора. Постепенно получает большее распространение формат 16U (более 20 кг), удобный для решения более разнообразных научных задач:

• исследования достаточно узких проблем (высыпание радиационных поясов) с помощью единичных приборов, которые ранее по различным причинам не запускались, или при необходимости проверки новых измерительных технологий;

• изучения химического состава и вариабельности атмосферы на высотах 100–300 км, где время баллистического существования спутников мало;

• проведения мониторинга единичными приборами в отсутствие необходимости комплексных измерений в точке расположения КА, например отдельных параметров солнечной активности;

• исследования пространственных распределений вариаций ионосферы и вариаций радиационных поясов с помощью группировки спутников.

Опыт использования наноспутников-кубсатов показывает, что важнейшим фактором повышения эффективности является повышение их информационной отдачи путём увеличения срока активного существования, развития сети наземных пунктов приёма, увеличения пропускной способности радиолинии.

В России в настоящее время активно развивается деятельность по запуску кубсатов с гелиогеофизической аппаратурой. Так, в ходе реализации проекта Московского университета “Созвездие-270” развёртывается группировка, на которой ведутся наблюдения вариаций потоков электронов субрелятивистских энергий, а также астрофизических и солнечных гамма-всплесков. С 2018 г. на орбиты выведен 21 космический аппарат, из которых 10 продолжают функционировать. На этих КА установлены детекторы космической радиации “ДеКоР”, детектор-фотометр ультрафиолетового и красного излучения “АУРА”, комплексный детектор излучений “КОДИЗ” и спектрометр энергичных заряженных частиц “СУП”.

Особо следует отметить спутник формата кубсат 16U “НИИЯФ МГУ 80”, который выведен на орбиту 28 декабря 2025 г. На нём установлена аппаратура для изучения высотных электромагнитных разрядов в оптическом, ультрафиолетовом, жёстком рентгеновском и гамма-диапазонах: позиционно-чувствительный гамма-спектрометр, телескоп-спектрометр оптического и УФ излучения. Также в состав полезной нагрузки входят спектрометр электронов и протонов высоких энергий, детектор-спектрометр электронов и протонов низких энергий.

К настоящему времени спутниками МГУ зарегистрировано несколько десятков космических гамма-всплесков и солнечных вспышек в жёстком рентгеновском и гамма-диапазонах [34]. Непрерывно осуществляется мониторинг потоков магнитосферных субрелятивистских электронов с вариациями от сотен миллисекунд до десятков минут. Среди наиболее ярких событий – изменения радиационных условий в околоземном пространстве вследствие проникновения солнечных космических лучей в области полярных шапок во время магнитных бурь [35].

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана реализует программу запусков кубсатов "Ярило" и "Хорс" с гелиогеофизической аппаратурой разработки Института прикладной геофизики и других научных организаций (спектрометры энергичных заряженных частиц, магнитометр, рентгеновский спектрофотометр, детектор коротковолнового отражённого и прямого солнечного излучения) [36, 37]. На кубсатах Самарского государственного университета установлены приборы для мониторинга вариаций ионосферы [38].

С 2026 г. в рамках федерального проекта "Кадры" Национального проекта "Космос" Госкорпорацией "Роскосмос" начата реализация обширной единой программы запусков кубсатов в целях содействия развитию научно-технического потенциала, профессионального самоопределения молодёжи в интересах ракетно-космической отрасли, а также обеспечения реализации научных экспериментов. В том числе будут продолжены запуски аппаратуры гелиогеофизического назначения. Например, ИКИ РАН планирует развёртывание системы сверхмалых аппаратов для мониторинга солнечной активности, рассматривается и возможность вывода микроспутника для мониторинга солнечного ветра в переднюю солнечно-земную точку либрации.

* * *

В настоящее время исследования и мониторинг гелиогеофизической обстановки, обеспечение её прогноза – одно из наиболее актуальных направлений как фундаментальной, так и прикладной космической науки. Фундаментальные исследования формируют новое знание, ведётся отработка новых измерительных технологий, готовятся научные кадры, которые затем используются при решении прикладных задач. В мире при активном международном сотрудничестве и при некотором доминировании программы США сложилась масштабная специализированная космическая инфраструктура, покрывающая почти все фундаментальные и прикладные направления, причём многие результаты наблюдений открыты для всех учёных. Целесообразно развивать отечественные средства наблюдения, предусматривая в том числе разумную интеграцию с зарубежными разработками.

Важность гелиогеофизической проблематики для России трудно переоценить, имея в виду развитую отечественную космическую программу, необходимость обеспечения оборонных разработок, освоения Арктики. В настоящее время в России начато формирование современной национальной системы гелиогеофизических исследований и мониторинга, которая должна обеспечить технологическую и информационную независимость в решении прикладных и прорывных фундаментальных задач, связанных с радиационными поясами, солнечной активностью, солнечным ветром. Развёрнута наземная сеть наблюдательных пунктов Росгидромета, начато строительство национального гелиогеофизического центра РАН в Прибайкалье. В федеральный проект "Космическая наука" включены несколько космических миссий для продолжения фундаментальных исследований.

Учитывая положительный опыт создания системы "Ионозонд", наличие соответствующих компетенций, высокую степень технической готовности, высокую востребованность наблюдений, целесообразно продолжать развивать полноценный космический гелиогеофизический мониторинг. С этой целью необходимо включить в национальный проект "Космос" запуск следующих группировок ионосферных КА и солнечного КА, предназначенного для мониторинга солнечной активности и солнечного ветра. Это позволит во всеоружии встретить будущий максимум солнечной активности (после 2030 г.).

Российская академия наук играет одну из главных ролей в организации работ по гелиогеофизике как основной отечественный экспертный орган, консолидируя усилия всех других ведомств. Создана межведомственная научно-техническая комиссия РАН по гелиогеофизике, в части космической группировки работают Совет по космосу и специализированное управление РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Чернышев С.Л., Петрукович А.А. Космические технологии – ключ к развитию России. *Вестник Российской академии наук*. 2026. Т. 96. № 4. С. 304–313. DOI: 10.7868/S3034520026040029. EDN: QBWDXF.

   [Chernyshev S.L., Petrukovich A.A. Space technology is the key to Russia's development. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2026, vol. 96, no. 4, pp. 304–313. DOI: 10.7868/S3034520026040029. EDN: QBWDXF. (In Russ.)]

2. Петрукович А.А. (ред.) *Солнечно-земные связи и космическая погода*. Гл. 8 “Плазменная гелиогеофизика”. М.: Физматлит, 2008. С. 175–257.

   [Petrukovich A.A. (ed.) *Solar-Terrestrial Relations and Space Weather*. Chapter 8 “Plasma Heliogeophysics”. Moscow: Fizmatlit, 2008. Pp. 175–257. (In Russ.)]

3. *Severe Space Weather Events – Understanding Societal and Economic Impacts*. A Workshop Report. Washington, D.C, USA: The National Academies Press, 2009.

4. Практические аспекты гелиофизики. Материалы специальной секции *“Практические аспекты науки космической погоды”* одиннадцатой ежегодной конференции “Физика плазмы в солнечной системе” 17 февраля 2016 г. / Под ред. члена-корреспондента РАН А.А. Петруковича, А.М. Мёрзлого, С.Ю. Хабибулина М.: ИКИ РАН, 2016. http://iki.cosmos.ru/books/2016gelioph.pdf

   [Practical Aspects of Heliophysics. Proceedings of the special section *“Practical Aspects of Space Weather Science”* of the eleventh annual conference “Plasma Physics in the Solar System” on February 17, 2016. / Ed. by Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences A.A. Petrukovich, A.M. Merzly, S.Yu. Khabibulin. Moscow: Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences, 2016. http://iki.cosmos.ru/books/2016gelioph.pdf (In Russ.)]

5. Schrijver C.J. et al. Understanding space weather to shield society: A global road map for 2015–2025, commissioned by COSPAR and ILWS. *Advances in Space Research*. 2015, vol. 55, iss. 12, pp. 2745–2807 (open access).

6. *National Space Weather Strategy and Action Plan, 2019*. https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2019/03/National-Space-Weather-Strategy-and-Action-Plan-2019.pdf

7. *NASA Heliophysics Science and Technology Roadmap for 2014–2033*. https://smd-prod.s3.amazonaws.com/science-red/s3fs-public/atoms/files/2014_HelioRoadmap_Final_Reduced_0.pdf

8. *National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2025. The Next Decade of Discovery in Solar and Space Physics: Exploring and Safeguarding Humanity's Home in Space*. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/27938.

9. https://www.unoosa.org/oosa/sk/ourwork/topics/space-weather.html

10. http://www.spaceweather.org/

11. *SPDF – Coordinated Data Analysis Web* (CDAWeb). https://cdaweb.gsfc.nasa.gov/

12. Петрукович А.А., Мулярчик Т.М., Васюков С.В. и др. Первые советские космические эксперименты в 1957–1959 гг.: история и результаты. *История наук о Земле*. 2009. № 4. С. 5–24.

    [Petrukovich A.A., Mulyarchik T.M., Vasyukov S.V., et al. The first Soviet space experiments in 1957–1959: history and results. *History of Earth Sciences*. 2009, no. 4, pp. 5–24. (In Russ.)]

13. Kuznetsov V.D. From the geophysical to heliophysical year: The results of the CORONAS-F project. *Russian Journal of Earth Sciences*. 2007, vol. 9, no. 3, p. ES3004-14. DOI: 10.2205/2007ES000276. EDN: SDEHGL.

14. *Первые этапы лётных испытаний и выполнение программы научных исследований по проекту “КОРОНАС-ФОТОН”*. Сб. трудов рабочего совещания / Под ред. Р.Р. Назирова, И.В. Чулкова, В.Н. Юрова. М.: ИКИ РАН, 2010.

    [*First stages of flight tests and implementation of the scientific research program for the CORONAS-PHOTON project.* Collection of proceedings of the working meeting / Ed. R.R. Nazirov, I.V. Chulkov, V.N. Yurov. Moscow: IKI RAS, 2010. (In Russ.)]

15. Зелёный Л.М., Могилевский М.М. По следам проекта “ИНТЕРБОЛ”. *Вестник НПО им. С.А. Лавочкина*. 2025. № 1(67). С. 17–31. DOI: 10.26162/LS.2025.67.1.002. EDN: BXFSIF.

    [Zelenyi L.M., Mogilevsky M.M. In the Footsteps of the INTERBALL Project. *Bulletin of the Lavochkin Scientific and Production Association*. 2025, no. 1(67), pp. 17–31. DOI: 10.26162/LS.2025.67.1.002. EDN: BXFSIF. (In Russ.)]

16. Садовничий В.А., Панасюк М.И., Яшин И.В. и др. Исследования космической среды на микроспутниках Университетский-Татьяна и Университетский-Татьяна-2. *Астрономический вестник. Исследования Солнечной системы*. 2011. Т. 45. № 1. С. 5–31. EDN: NDJMQL.

[Sadovnichy V.A., Panasyuk M.I., Yashin I.V., et al. Studies of the space environment on the microsatellites Universitetskiy-Tatiana and Universitetskiy-Tatiana-2. *Astronomical Bulletin. Studies of the Solar System*. 2011, vol. 45, no. 1, pp. 5–31. EDN: NDJMQL. (In Russ.)]

17. Зелёный Л.М., Застенкер Г.Н., Петрукович А.А. и др. Эксперимент "ПЛАЗМА-Ф" на спутнике Спектр-Р. *Космические исследования*. 2013. Т. 51. № 2. С. 83. DOI: 10.7868/S002342061302009X. EDN: PVWZVZ.

[Zelenyi L.M., Zastenker G.N., Petrukovich A.A., et al. Experiment "PLAZMA-F" on the Spektr-R satellite. *Space Research*. 2013, vol. 51, no. 2, p. 83. DOI: 10.7868/S002342061302009X. EDN: PVWZVZ. (In Russ.)]

18. Свертилов С.И., Июдин А.Ф., Яшин И.В. и др. К 60-летию космической деятельности НПО имени С.А. Лавочкина: основные результаты экспериментов с аппаратурой РЭЛЕК на борту космического аппарата "ВЕРНОВ" (МКА-ФКИ № 2). *Вестник НПО им. С.А. Лавочкина*. 2025. № 1(67). С. 59–65. DOI: 10.26162/LS.2025.67.1.006. EDN: WQDJNR.

[Svertilov S.I., Iyudin A.F., Yashin I.V., et al. On the 60th Anniversary of Space Activities of NPO S.A. Lavochkin: Main Results of Experiments with the RELEC Equipment on Board the VERNOV Spacecraft (MKA-FKI No. 2). *Vestnik NPO S.A. Lavochkin*. 2025, no. 1(67), pp. 59–65. DOI: 10.26162/LS.2025.67.1.006. EDN: WQDJNR. (In Russ.)]

19. Макриденко Л.А., Волков С.Н., Горбунов А.В. и др. Научный космический аппарат "Ломоносов". *Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ*. 2017. Т. 161. № 6. С. 28–44. EDN: UQQXBP.

[Makridenko L.A., Volkov S.N., Gorbunov A.V., et al. Scientific spacecraft "Lomonosov". *Questions of electromechanics. Proceedings of VNIIEM*. 2017, vol. 161, no. 6, pp. 28–44. EDN: UQQXBP. (In Russ.)]

20. Зелёный Л.М., Гуревич А.В., Климов С.И. и др. Академический микроспутник ЧИБИС-М. *Космические исследования*. 2014. Т. 52. № 2. С. 93. DOI: 10.7868/S0023420614010117. EDN: RXFLSP.

[Zelenyi L.M., Gurevich A.V., Klimov S.I., et al. Academic microsatellite CHIBIS-M. *Space Research*. 2014, vol. 52, no. 2, p. 93. DOI: 10.7868/S0023420614010117. EDN: RXFLSP. (In Russ.)]

21. Климов С.И., Грушин В.А., Балайти К. и др. Исследования в ионосфере электромагнитных параметров космической погоды в эксперименте "Обстановка (1 этап)" на Российском сегменте МКС. *Космическая техника и технологии*. 2021. № 1(32). С. 20–41. DOI: 10.33950/spacetech-2308-7625-2021-1-20-41. EDN: GKHQSU.

[Klimov S.I., Grushin V.A., Balaiti K., et al. Studies of the ionosphere of electromagnetic parameters of space weather in the experiment "Obstanovka (stage 1)" on the Russian segment of the ISS. *Space Engineering and Technology*. 2021, no. 1(32), pp. 20–41. DOI: 10.33950/spacetech-2308-7625-2021-1-20-41. EDN: GKHQSU. (In Russ.)]

22. Климов П.А. Эксперимент "УФ атмосфера" (mini-EUSO) –широкоугольный линзовый телескоп на борту МКС. *Известия Российской академии наук. Серия физическая*. 2021. Т. 85. №. 4. С. 519–521.

[Klimov P.A. "The UV Atmosphere Experiment (mini-EUSO) – a wide-angle lens telescope onboard the ISS". *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics*. 2021, vol. 85, no. 4, pp. 519–521. (In Russ.)]

23. Филиппов М.В., Махмутов В.С., Разумейко М.В., Соков С.В. Характеристики и калибровка будущей научной аппаратуры "Солнце-Терагерц". *Успехи прикладной физики*. 2024. Т. 12. № 4. С. 361–370. DOI: 10.51368/2307-4469-2024-12-4-361-370. EDN: HFABJS.

[Filippov M.V., Makhmutov V.S., Razumeiko M.V., Sokov S.V. Characteristics and calibration of future scientific equipment "Sun-Terahertz". *Advances in Applied Physics*. 2024, vol. 12, no. 4, pp. 361–370. DOI: 10.51368/2307-4469-2024-12-4-361-370. EDN: HFABJS. (In Rus.)]

24. Могилевский М.М., Чернышов А.А., Пулинец С.А. и др. Тайны ионосферы Земли и проект "Ионозонд" для раскрытия этих тайн. *Земля и Вселенная*. 2025. № 3(363). С. 5–23. DOI: 10.7868/S0044394825030016. EDN: LQZDIA.

[Mogilevsky M.M., Chernyshov A.A., Pulinets S.A., et al. Secrets of the Earth's ionosphere and the Ionosonde project to reveal these secrets. *Earth and Universe*. 2025. No. 3(363). P. 5–23. DOI: 10.7868/S0044394825030016. EDN: LQZDIA. (In Rus.)]

25. Могилевский М.М., Петрукович А.А., Пулинец С.А., Чернышов А.А. Мониторинг и исследования ионосферы Земли: космический комплекс "Ионозонд". *Космические исследования*. 2026. Т. 64. № 3. (В печати) DOI 10.7868/S3034550226030011

[Mogilevsky M.M., Petrukovich A.A., Pulinets S.A., Chernyshov A.A. Monitoring and research of the Earth's ionosphere: the Ionosonde space complex. *Cosmic research*. 2026, vol. 64, no. 3 (In print) (In Russ.)]

26. Streltsov A.V., Berthelier J.J., Chernyshov A.A., et al. Past, Present and Future of Active Radio Frequency Experiments in Space. *Space Sci. Rev.* 214, no. 118 (2018). https://doi.org/10.1007/s11214-018-0549-7

27. Панов А.Д., Подорожный Д.М., Турундаевский А.Н. Прямые наблюдения космических лучей: современное состояние проблемы. *Успехи физических наук*. 2024. № 194(7). С. 681–710.

[Panov A.D., Podorozhny D.M., Turundayevsky A.N. Direct observations of cosmic rays: the current state of the problem. *Advances in Physical Sciences*. 2024, no. 194(7), pp. 681–710. (In Russ.)]

28. Васильев О.А., Карманов Д.Е., Ковалёв И.М. и др. Текущий статус миссии НУКЛОН-2. *Письма в журнал Физика элементарных частиц и атомного ядра*. 2021. № 18(1). С. 35–57.

[Vasiliev O.A., Karmanov D.E., Kovalev I.M., et al. Current status of the NUCLEON-2 mission. *Letters to the Journal of Elementary Particle and Nuclei Physics.* 2021, no. 18(1), pp. 35–57. (In Russ.)]

29. Карелин А.В., Твердохлебова В.М., Шувалов В.А., Яковлев А.А. Концепция построения космической системы мониторинга геофизической обстановки. *Космонавтика и ракетостроение*. 2028. № 1 (100). С. 19–32.

[Karelin A.V., Tverdokhlebova V.M., Shuvalov V.A., Yakovlev A.A. Concept of constructing a space system for monitoring the geophysical situation. Cosmonautics and rocket engineering. 2028, no. 1 (100), pp. 19–32. (In Russ.)]

30. Асташкин А.А., Буров В.А., Журавлёв С.В. и др. Структура параметров геофизических процессов в околоземной среде. Основные принципы концепции перспективной космической системы мониторинга геофизической обстановки. *Гелиогеофизические исследования*. 2015. Вып. 13. С. 10–28.

[Astashkin A.A., Burov V.A., Zhuravlev S.V., et al. Structure of parameters of geophysical processes in the near-Earth environment. Basic principles of the concept of a promising space system for monitoring the geophysical situation. *Heliogeophysical Research*. 2015, iss. 13, pp. 10–28. (In Russ.)]

31. Петрукович А.А., Никифоров О.В. Малые спутники для космических исследований. *Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы*. 2016. Т. 3. Вып. 4. С. 21–30.

[Petrukovich A.A., Nikiforov O.V. Small satellites for space research. *Rocket and space instrumentation and information systems*. 2016, vol. 3, iss. 4, pp. 21–30. (In Russ.)]

32. Исследования солнечно-земных связей на микро-, нано- и пикоспутниках. *Материалы научной сессии Секции солнечно-земных связей Совета по космосу Российской академии наук* / Под ред. члена-корреспондента РАН А.А. Петруковича. М.: ИКИ РАН, 2015. http://www.iki.rssi.ru/books/2015petrukovich.pdf

[Studies of solar-terrestrial relations on micro-, nano-, and pico-satellites. *Proceedings of the scientific session of the Solar-Terrestrial Relations Section of the Space Council of the Russian Academy of Sciences* / Ed. by Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences A.A. Petrukovich. Moscow: IKI RAS, 2015. http://www.iki.rssi.ru/books/2015petrukovich.pdf (In Russ.)]

33. Брагина А.А., Минлигареев В.Т., Богодяж С.Д. Перспективы развития гелиогеофизических спутниковых наблюдений на малых космических аппаратах. *Космические исследования*. 2025. Т. 63. № 1. С. 89–98. DOI: 10.31857/S0023420625010091. EDN: HDZTZJ.

[Bragina A.A., Minligareev V.T., Bogodyazh S.D. Prospects for the Development of Heliogeophysical Satellite Observations on Small Spacecraft. *Cosmic Research*. 2025, vol. 63, no. 1, pp. 89–98. DOI: 10.31857/S0023420625010091. EDN: HDZTZJ. (In Russ.)]

34. Svertilov S.I., Bogomolov V.V., Bogomolov A.V., et al. Monitoring of space radiation and electromagnetic transients by Moscow state university nano-satellites. *Advances in Space Research*. 2025, no. 75, pp. 6608–6622.

35. Bogomolov V.V., Iyudin A.F., Kalegaev V.V., et al. Upcoming MSU cubesats for space weather and astrophysical research. *Advances in Space Research*. 2025, no. 75, pp. S0273–1177(24)01075–5.

36. Mayorova V., Minligareev V., Akhmedshin R., et al. Flight Experience in Space Weather Monitoring Using CubeSats. *75th International Astronautical Congress (IAC)*. Milan, Italy, 14–18 October 2024. IAC-24-B4.2.10.89636/

37. Reva A., Kuzin S., Pertsov A., et al. REFOS: Solar Soft X-ray Spectrophotometer on Board Nanosatellite. *Sol. Phys*. 2025, no. 300, p. 99. https://doi.org/10.1007/s11207-025-02511-2

38. Галка А.Г., Костров А.В., Малышев М.С. и др. Первые результаты измерения концентрации ионосферной плазмы резонансным датчиком на спутнике “Самсат-ионосфера”. *Космические исследования*. 2026. Т. 64. № 3. (В печати) DOI: 10.7868/S3034550226030105

[Galka A.G., Kostrov A.V., Malyshev M.S., et al. First results of ionospheric plasma concentration measurements by a resonant sensor on the Samsat-ionosphere satellite. *Cosmic Research*. 2026, vol. 64, no. 3. (In print) DOI: 10.7868/S3034550226030105 (In Russ.)]

С КАФЕДРЫ ПРЕЗИДИУМА РАН
FROM THE ROSTRUM OF THE RAS PRESIDIUM

DOI: 10.7868/S3034520026110024 Оригинальная статья

ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Г.А. Жеребцов, А.В. Медведев*

Институт солнечно-земной физики СО РАН,
664033, Иркутск, Российская Федерация
**E-mail: medvedev@iszf.irk.ru*

Аннотация. Во исполнение поручения Президента Российской Федерации от 08.12.2011 № ВП-П8-8654, указания от 02.11.2021 № Пр-2086 Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Ордена Трудового Красного Знамени Институтом солнечно-земной физики Сибирского отделения РАН (ИСЗФ СО РАН) в тесном сотрудничестве с Госкорпорацией “Ростех” реализуется крупнейший инфраструктурный проект Российской Федерации – Национальный гелиогеофизический комплекс Российской академии наук (НГК РАН), предназначенный для проведения фундаментальных и прикладных исследований в области солнечно-земной физики, как часть космической программы РФ. Введены в эксплуатацию инструменты первого этапа НГК РАН – комплекс оптических инструментов и радиогелиограф, интенсивно идёт строительство крупного солнечного телескопа-коронографа, получено положительное заключение государственной экспертизы на объекты второго этапа НГК РАН.

Ключевые слова: Национальный гелиогеофизический комплекс РАН, солнечная активность, солнечно-земные связи, мониторинг, геофизические эффекты, прогноз

Финансирование. Статья подготовлена без дополнительного финансирования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Авторы внесли равный вклад в подготовку статьи.

Ссылка для цитирования: Жеребцов Г.А., Медведев А.В. Гелиогеофизические инструменты нового поколения. *Вестник РАН / Herald of the Russian Academy of Sciences.* 2026. Том 96. № 11. С. 933–947. https://doi.org/10.7868/S3034520026110024

Поступила в редакцию 10.07.2026
После доработки 10.07.2026
Принята к публикации 25.07.2026





ЖЕРЕБЦОВ Гелий Александрович – академик РАН, научный руководитель ИСЗФ СО РАН, Иркутск, Российская Федерация, e-mail: gaz@iszf.irk.ru, ORCID: 0000-0001-8966-4628. МЕДВЕДЕВ Андрей Всеволодович – член-корреспондент РАН, директор ИСЗФ СО РАН, Иркутск, Российская Федерация, e-mail: medvedev@iszf.irk.ru, ORCID: 0000-0003-0660-8474.

© Жеребцов Г.А., Медведев А.В., 2026

С КАФЕДРЫ ПРЕЗИДИУМА РАН
FROM THE ROSTRUM OF THE RAS PRESIDIUM

DOI: 10.7868/S3034520026110024 Original Article

NEW GENERATION OF HELIOGEOPHYSICAL INSTRUMENTS

G.A. Zherebtsov, A.V. Medvedev*

Institute of Solar-Terrestrial Physics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 664033, Irkutsk, Russian Federation
**E-mail: medvedev@iszf.irk.ru*

Abstract. Pursuant to the Order of the President of the Russian Federation dated December 8, 2011, No. VP-P8-8654, and the Instruction dated November 2, 2021, No. Pr-2086, the Institute of Solar-Terrestrial Physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ISTP SB RAS), a Federal State Budgetary Scientific Institution of the Order of the Red Banner of Labor, in close cooperation with the Rostec State Corporation, is implementing the Russian Federation's largest infrastructure project – the National Heliogeophysical Complex of the Russian Academy of Sciences (NHC RAS), designed to conduct fundamental and applied research in solar-terrestrial physics, as part of the Russian space program. The first-stage instruments of the NHC RAS – a complex of optical instruments and a radioheliograph – have been commissioned, construction of a large solar telescope-coronagraph is underway, and a positive state expert opinion has been received for the second-stage facilities of the NHC RAS.

Keywords: National Heliogeophysical Complex of the Russian Academy of Sciences, solar activity, solar-terrestrial relations, monitoring, geophysical effects, forecast

Funding. This article was prepared without additional funding.

Conflict of Interest. The authors declare no conflicts of interest.

Author Contributions. The authors contributed equally to the preparation of this article.

For citation: Zherebtsov G.A., Medvedev A.V. New generation of heliogeophysical instruments. *Vestnik Rossijskoj Akademii Nauk / Herald of the Russian Academy of Sciences.* 2026, vol. 96, no. 11, pp. 933–947. (In Russ.) https://doi.org/10.7868/S3034520026110024

Received July 10, 2026
Revised July 10, 2026
Accepted July 25, 2026

Zherebtsov Gely A. – Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director of the ISTP SB RAS, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: gaz@iszf.irk.ru, ORCID: 0000-0001-8966-4628. Medvedev Andrey V. – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the ISTP SB RAS, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: medvedev@iszf.irk.ru, ORCID: 0000-0003-0660-8474.

© Zherebtsov G.A., Medvedev A.V., 2026

В настоящее время хорошо известно, что состояние природной среды на Земле определяется процессами на Солнце. Диагностика и прогноз солнечно-земных явлений становятся всё более актуальными задачами науки, экономики и общества в целом, поскольку в околоземном космическом пространстве функционируют космические аппараты гражданского и оборонного назначения, работают космонавты на пилотируемых космических станциях, и их жизнь и работоспособность зависят от состояния окружающей среды. Ионосфера Земли играет ключевую роль в функционировании систем связи и телекоммуникаций, а также в защите поверхности Земли от жёсткого излучения Солнца.

Система "Солнце – солнечный ветер – магнитосфера – ионосфера – атмосфера" – сложная и нелинейная. Очевидно, что прогноз целого ряда процессов на нашей планете и в околоземном космическом пространстве должен опираться на диагностику солнечных явлений и предполагает разработку цепочки моделей передачи энергии от Солнца к Земле.

Понимание данной проблемы привело к созданию большого количества крупных экспериментальных установок и обсерваторий нового поколения для исследования геофизических процессов. Так, в США действует нагревный стенд на Аляске (HAARP) для модификации ионосферы мощными КВ-радиоволнами. Здесь же создан и тиражируется мобильный радар некогерентного рассеяния AMISR. Вблизи магнитного полюса создаётся обсерватория полярного каспа[1] (США, Канада). Вокруг Северного и Южного полюсов развёрнута международная сеть когерентных КВ-радаров SuperDARN для изучения магнитосферно-ионосферного взаимодействия (13 из них принадлежат США). Активно развёртываются такие радары и в Китае.

К настоящему времени ведущие мировые геофизические центры сформированы в виде кластеров инструментов, объединённых вокруг радаров некогерентного рассеяния, которые включают набор радиофизических и оптических средств, позволяющих проводить наиболее полную диагностику заряженных и нейтральных компонентов верхней атмосферы. Следует отметить, что в США разработка и использование подобных исследовательских кластеров реализуется в рамках программы "Национальная стратегия по космической погоде" (National Space Weather Strategy, последнее обновление – декабрь 2023 г.). Эта стратегия предусматривает обеспечение готовности страны к краткосрочным и долгосрочным воздействиям космических природных явлений, которые невозможно предотвратить, но которые нужно глубоко изучать, уметь их предсказывать и принимать меры к снижению их последствий.

К концу 1980-х годов Институт солнечно-земной физики СО РАН (ИСЗФ СО РАН) располагал самой современной по тем временам экспериментальной базой в стране, которая позволяла проводить непрерывные наблюдения и измерения, а также исследования в области физики солнечно-земных связей, решать актуальные прикладные задачи. К настоящему времени наземная гелиогеофизическая инфраструктура объединила восемь обсерваторий, расположенных в Иркутской области, Красноярском крае, Республике Бурятия (рис. 1). Для исследований в области физики Солнца в институте разработаны и построены Горизонтальный автоматизированный солнечный телескоп, Большой внезатменный солнечный коронограф, инфракрасный телескоп АЗТ-33ИК, Солнечный телескоп оперативных прогнозов, Большой солнечный вакуумный телескоп, несколько хромосферных телескопов, Сибирский солнечный радиотелескоп. Для исследования космических лучей были созданы спектрограф космических лучей и сеть станций космических лучей. Проводятся наблюдения и исследования геомагнитного поля Земли и физических процессов в магнитосфере с использованием меридиональной цепочки магнитных станций, комплексные исследования высокоширотных геофизических процессов в ионосфере и магнитосфере в Норильской обсерватории, оснащённой ионозондами, риометрами, магнитометрической аппаратурой, оптическими приборами и другими инструментами.

В области физики ионосферы и распространения радиоволн наряду с использованием станций вертикального зондирования и оптических инструментов институт развернул на территории Сибири и Дальнего Востока сеть экспериментальных радиотрасс, разработал специальные установки для изучения динамических процессов в ионосфере. На базе радиолокационной станции, переданной институту в соответствии с программой конверсии Вооружённых сил СССР, был создан и модернизирован радар некогерентного рассеяния (пока единственный в стране), на котором не только проводятся исследования ионосферы и магнитосферы, но и решаются задачи по проблеме космического мусора. Однако базовые элементы основных установок были разработаны в 1960–1980-е годы, и многие из них принципиально не могут быть изменены, поэтому в перспективе потребуется кардинальная модернизация всей экспериментальной базы.

Логика развития науки, а также потребности практики ставят новые научные задачи, для решения которых необходимы нестандартные подходы к исследованиям Солнца, околоземного космического пространства, верхней атмосферы Земли и протекающих в них процессов. Научный прогресс предполагает рассмотрение системы "Солнце–Земля" как единого комплекса со сложными внутренними связями и взаимодействиями. Для этого необходимы не только исследования, проводимые с помощью космических аппаратов, – требуется также новая наземная инфраструктура. Нужны современные крупные экспериментальные установки, которые не создавались в стране в последние 35–40 лет, комплексы инструментов с принципиально новыми возможностями измерений и экспериментов. Чтобы достигнуть мирового уровня в этой области и обеспечить стратегию развития

[1] Касп – это область в околополуденной части магнитосферы, имеющая вид воронки, расширяющейся от Земли до магнитопаузы, разделяющая силовые линии дневной магнитосферы и геомагнитного хвоста.



Рис. 1. Сеть существующих обсерваторий и инструментов ИСЗФ СО РАН
Fig. 1. Network of existing observatories and instruments of ISTP SB RAS

на ближайшие 25–30 лет, необходимо спроектировать и построить такие установки и комплексы в ближайшие годы.

Концепция Национального гелиогеофизического комплекса РАН (НГК РАН). В связи с необходимостью перевести отечественные исследования в области солнечно-земной физики на новый уровень в ИСЗФ СО РАН разработана концепция Национального гелиогеофизического комплекса РАН, которая в первом варианте была утверждена президентом РАН академиком Ю.С. Осиповым в 2007 г. Ключевая задача, которая ставилась при проектировании комплекса, – обеспечить мировой приоритет российской науки в этой области на 20–25 лет вперёд.

Проект Национального гелиогеофизического комплекса РАН включает строительство распределённой уникальной научной инфраструктуры (рис. 2), в том числе создание оптических инструментов (ОИ), системы радаров (СР), нагревного стенда (НС), радиогелиографа (РГ), солнечного телескопа-коронографа (СТК),



Рис. 2. Карта расположения объектов Национального гелиогеофизического комплекса РАН: 1 – солнечный телескоп-коронограф (Саянская солнечная обсерватория ИСЗФ СО РАН), 2 – радиогелиограф (Радиоастрофизическая обсерватория им. профессора Г.Я. Смолькова ИСЗФ СО РАН), 3 – оптические инструменты (Геофизическая обсерватория ИСЗФ СО РАН), 4 – нагревный стенд, 5 – центр управления (ИСЗФ СО РАН), 6 – система радаров, 7 – лидар (отмеченные зелёным объекты сданы в эксплуатацию)

Fig. 2. Map of the location of the objects of the National Heliogeophysical Complex of the Russian Academy of Sciences: 1 – solar telescope-coronagraph (Sayan Solar Observatory of ISTP SB RAS), 2 – radioheliograph (Professor G.Ya. Smolkov Radio Astrophysical Observatory of ISTP SB RAS), 3 – optical instruments (Geophysical Observatory of ISTP SB RAS), 4 – heating facility, 5 – control center (ISTP SB RAS), 6 – radar system, 7 – lidar (objects marked in green have been commissioned)

лидара, центра управления (ЦУ). Эти инструменты предназначены для сбора экспериментального материала и проведения новых фундаментальных научных экспериментов в области солнечно-земной физики и мониторинга состояния околоземного космического пространства (ОКП) и размещаются на территории Иркутской области и Республики Бурятия.

К настоящему времени введены в эксплуатацию оптические инструменты и радиогелиограф, размещаемые в Бурятии. Основными исполнителями со стороны промышленности стали предприятия Госкорпорации "Ростех". Госкорпорация принимает активное участие в создании солнечного телескопа-коронографа – также на территории Бурятии. Остальные четыре инструмента – система радаров, нагревный стенд, лидар, центр управления – строятся в Иркутской области. Проведена государственная экспертиза по всем инструментам, ввод объектов в эксплуатацию планируется в 2029–2033 гг.

Комплекс инструментов НГК РАН создаётся на основе системного подхода к изучению процессов, происходящих в ближнем космосе. Комплекс является многоцелевым, что позволяет быстро осуществлять переход к решению новых задач, которые будут меняться вследствие развития исследований Солнца, верхней атмосферы и всего комплекса солнечно-земных связей [1].

Крупноапертурный солнечный оптический телескоп-коронограф. Современный крупноапертурный солнечный оптический телескоп (КСТ-3) (рис. 3–6) представляет собой сложное инженерно-техническое сооружение [2]. Создание крупноапертурных телескопов обусловлено необходимостью изучения физических процессов на Солнце с экстремально высоким пространственным разрешением, соответствующим всего нескольким километрам на солнечной поверхности. Именно на таких масштабах происходят основные магнитогидродинамические процессы, определяющие вариации светимости Солнца в различных спектральных диапазонах. Основными направлениями исследований на КСТ-3 станут:

• совершенствование модели крупномасштабного магнитного поля в короне, расчёты характеристик межпланетного магнитного поля и гелиосферного токового слоя, прогноз параметров магнитного поля на орбите Земли;

• создание модели эволюции активных областей на Солнце и методов среднесрочного прогноза на стадии развития активной области;

• разработка модели предвспышечного состояния активной области, совершенствование модели солнечных вспышек, методы прогноза вспышек и их энергетических параметров;

• разработка динамической модели корональных выбросов массы и кинематики их движения в межпланетном пространстве, алгоритмы прогноза эффектов корональных выбросов массы в околоземном космосе;

• совершенствование моделей переменности потока солнечного излучения в различных спектральных диапазонах.

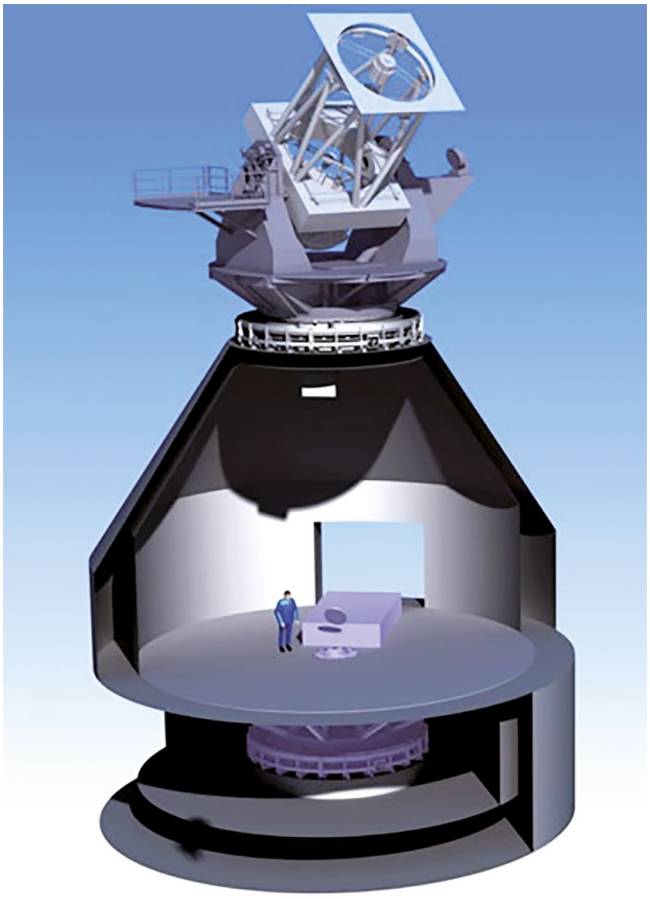


Рис. 3. Общий вид устройства телескопа КСТ-3 (проект)
Fig. 3. General view of the KST-3 telescope (project)

Сибирский радиогелиограф – уникальное окно в горячую атмосферу Солнца. В рамках создания Национального гелиогеофизического комплекса РАН завершены тестовые испытания и достигнуты проектные характеристики на одном из первых инструментов класса мегасайенс – многоволновом Сибирском радиогелиографе (СРГ), не имеющем аналогов в мире по широте частотного диапазона в сочетании с высоким пространственным и временны́м разрешением (рис. 7) [3].

Уже первые наблюдения Солнца на стадии тестирования антенных решёток, содержащих более 500 антенн с диаметром зеркал от одного до трёх метров, дали новые знания о природе солнечной активности и опубликованы в 40 статьях, из которых 13 – в ведущих международных журналах. В частности, удалось обнаружить в короне Солнца импульсный источник с размером 2.2 угл. сек с рекордной эффективной яркостной температурой до 60 млрд градусов К. Очень яркие кратковременные солнечные микроволновые вспышки изучаются уже несколько десятилетий. Однако до сих пор точно не установлено, как именно генерируется электромагнитное излучение этих вспышек. Из яркостной температуры таких вспышек, которая намного выше кинетической температуры электронов, и из их узкой относительной полосы частот в несколько процентов следует, что они вызваны механизмом



Рис. 4. Общий вид зданий КСТ-3. *Слева направо*: лабораторно-административный блок, технический корпус, здание башни, башня (проект)

Fig. 4. General view of the KST-3 buildings. *From left to right*: laboratory and administrative block, technical building, tower building, tower (project)

когерентного излучения. Неопределённость механизма генерации солнечного когерентного излучения была связана с тем, что до недавнего времени в мире не было радиотелескопа, обладающего одновременно пространственным, спектральным и поляризационным разрешением. Создание Сибирского радиогелиографа решило эту проблему. Благодаря анализу данных о магнитном поле и степени круговой поляризации впервые удалось прямыми методами измерить параметры источника субсекундного импульса когерентного электронно-циклотронного мазерного излучения [4].

Получение результатов мирового уровня на стадии освоения гелиографа было обеспечено заблаговременной разработкой программного обеспечения для первичного анализа данных и моделирования механизмов солнечного радиоизлучения. Были предложены алгоритмы и компьютерные программы для построения параметрической модели нагрева корональной плазмы, которые в настоящее время апробированы на данных наблюдений. Наилучшее согласие модели с наблюдениями было достигнуто либо для стационарного (непрерывного) режима нагрева, либо для нагрева высокочастотными нановспышками с короткими (менее 1 часа) интервалами между ними. Данный результат накладывает существенные новые ограничения на предлагаемые в настоящее время механизмы коронального нагрева [5].

Технические характеристики, качество и уникальность данных наблюдений, наличие специализированного ПО для первичного их анализа определяют мировой приоритет установки. Сибирский радиогелиограф был представлен на Всесоюзной радиоастрономической конференции (Иркутск, 2025), и принято решение поддержать выдвижение коллектива создателей СРГ на присуждение Премии Правительства РФ.



Рис. 5. Президент РАН академик РАН Г.Я. Красников на закладке первого камня КСТ-3. Август 2024 г.

Fig. 5. President of the Russian Academy of Sciences, Academician G.Ya. Krasnikov at the laying of the foundation stone of the KST-3. August 2024



Рис. 6. Процесс строительства КСТ-3 на территории Саянской солнечной обсерватории. Декабрь 2025 г.

Fig. 6. Construction of the KST-3 at the Sayan Solar Observatory. December 2025



Рис. 7. Общее фото на установке Национального гелиогеофизического комплекса РАН (радиогелиограф)
Слева направо: И.И. Кобзев, губернатор Иркутской области; С.В. Чемезов, генеральный директор ГК “Ростех”; Г.Я. Красников, президент РАН, академик РАН; Г.А. Жеребцов, научный руководитель ИСЗФ СО РАН, академик РАН; А.В. Медведев, директор ИСЗФ СО РАН, член-корреспондент РАН; А.Н. Игнатов, генеральный директор АО “Лыткаринский завод оптического стекла” (АО ЛЗОС); А.С. Цыденов, глава Республики Бурятия

Fig. 7. General photo of the installation of the National Heliogeophysical Complex of the Russian Academy of Sciences (radioheliograph)
From left to right: I.I. Kobzev, Governor of the Irkutsk Region; S.V. Chemezov, Director General of the Rostec State Corporation; G.Ya. Krasnikov, President of the Russian Academy of Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences; G.A. Zherebtsov, Scientific Director of the Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Academician of the Russian Academy of Sciences; A.V. Medvedev, Director of the Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences; A.N. Ignatov, Director General of the Lytkarino Optical Glass Plant Inc. (LOGP Inc.); A.S. Tsydenov, Head of the Republic of Buryatia

Перечислим основные фундаментальные научные направления и прикладные задачи, которые будут реализованы с помощью СРГ:

• топология корональных магнитных полей при активном и спокойном Солнце;

• определение областей, ответственных за конверсию магнитного поля;

• волновые процессы и ударные волны в солнечной атмосфере;

• эволюция крупномасштабных структур в атмосфере Солнца в 11-летнем солнечном цикле;

• регулярные измерения радиоизлучения на длине волны 10.7 см;

• мониторинг радиоизлучения в широком диапазоне частот в интересах потребления этой информации (системы связи, радиолокации, радионавигации и др.);

• оценка геоэффективности параметров солнечной вспышки;

• краткосрочный прогноз мощных солнечных вспышек с заблаговременностью 2–3 суток.

Комплекс оптических инструментов. Первым объектом НГК РАН, введённым в эксплуатацию в 2022 г. (посёлок Торы, Бурятия), стал комплекс пассивных оптических инструментов [6]. В состав комплекса входят следующие приборы:

• интерферометр Фабри–Перо используется для изучения динамики мезосферы, термосферы, плазменных дрейфов, а также для измерения относительной плотности, температуры, скорости ветра и волн;

• камеры всего неба необходимы для получения с высоким пространственным разрешением распределений интенсивностей основных оптических эмиссий на мезосферном и термосферном уровнях;

• фотометры позволяют с высоким временны́м и амплитудным разрешением интенсивностей измерять основные оптические эмиссии мезосферы и нижней атмосферы;

• спектрографы необходимы для измерения спектрального состава излучения и температуры.

Создание комплекса уже привело к существенному расширению наблюдательных возможностей ИСЗФ СО РАН: проводятся одновременные регистрации параметров основных линий свечения верхней атмосферы (ВА) и пространственной картины свечения в разных спектральных линиях. Разнесение существовавших ранее и новых систем на некоторое расстояние позволяет выполнять стереоскопические исследования светящихся образований.

Изменения верхней атмосферы в оптическом диапазоне – это чувствительный индикатор физико-химических процессов и основных параметров ВА. Установлена связь свечения в ВА с такими явлениями, как внезапные зимние стратосферные потепления, землетрясения и др. Наблюдения свечения верхней атмосферы представляют большой научный интерес для климатических исследований атмосферы и изучения климата Земли. Другим важным практическим приложением станет использование собственного оптического излучения в экспериментах по модификации ионосферы.

Комплекс радиофизических инструментов НГК РАН. Кластер инструментов Национального гелиогеофизического комплекса РАН принципиально важен с точки зрения изучения атмосферного взаимодействия на основе комплексных взаимодополняющих измерений параметров ионизованной и нейтральной составляющих атмосферы. Заметную роль в этих исследованиях будет играть НР-МСТ-радар [7]. Значительная часть имеющейся в настоящее время информации об ионосфере основана на многолетних наблюдениях радаров некогерентного рассеяния (НР), с помощью которых изучается ионосфера на высотах 100–1000 км. В последние десятилетия исследователи разных стран уделяют большое внимание нижней ионосфере и нейтральной атмосфере, динамика и химические процессы которых, как выяснилось, играют ключевую роль в формировании структуры и ионного состава ионосферной плазмы, а также в перераспределении энергии между разными областями верхней и средней атмосферы Земли.

Активные исследования солнечной активности выдвинули широкий спектр задач, которые воплощены в новой концепции космической погоды. Она охватывает все процессы взаимодействия излучения Солнца и корпускулярного потока солнечного ветра с атмосферой Земли, поэтому сейчас в исследованиях система “Солнце–Земля” рассматривается как единое целое. Это, несомненно, изменило подход к созданию современных методов радиофизической диагностики атмосферы. Необходимость рассматривать атмосферу как единую динамическую систему привела к тому, что в 1980–1990-х годах в разных странах были разработаны мезосферно-стратосферно-тропосферные (МСТ) радары, способные исследовать динамику нейтральной атмосферы в диапазоне высот 0–100 км. Создание новых МСТ-радаров и исследования нейтральной атмосферы активно велись в Индии, США, Великобритании, Австралии, Китае; в настоящее время более 10 радаров могут в той или иной степени работать в режиме МСТ. С помощью системы радаров НГК РАН станет возможно изучать все слои атмосферы как единую систему, а это одно из магистральных направлений развития атмосферных исследований.

Всеатмосферный радар НР-МСТ. Создание современного радара НР-МСТ в Сибири позволит восполнить недостаток экспериментальных данных (рис. 8). В настоящее время в РФ нет установок подобного типа, поэтому широкий круг научных вопросов, связанных с динамикой атмосферы, не поддерживается современными высокоточными экспериментальными данными. Расположение системы радаров уникально, с помощью комплекса можно будет получать важные геофизические данные и осуществлять контроль околоземного космического пространства в центре России, существенно дополняя данные наблюдений геофизических центров США, Европы и Японии по глобальным распределениям параметров среды. Всеатмосферный многоцелевой радар НР-МСТ позволит проводить фундаментальные исследования и обеспечит решение ряда важных прикладных задач, таких как:



Рис. 8. Общий вид многоцелевого радара НР-МСТ (проект)
Fig. 8. General view of the multipurpose radar NR-MST (project)

• эффективный контроль текущей геофизической обстановки для обеспечения работы радиотехнических средств в юго-восточной Сибири, создание необходимых предпосылок для разработки эффективных моделей прогноза неблагоприятных геофизических событий;

• разработка новых технологий контроля низкоорбитальных КА и космического мусора с одновременной диагностикой ионосферной обстановки;

• создание новых радиотехнических методов сверхразрешения, основанных на принципах прецизионной обработки сигналов и интерферометрии с малой базой, которые позволят достичь высокой точности определения параметров низкоорбитальных космических объектов (КО), обнаруживать и сопровождать КО размером 10 см на дальностях до 1000 км при точности по дальности σ_R ~100 м, по углам σ_ε и σ_γ~1 угл. мин;

• разработка комплексных высокоинформативных радарно-оптических методов контроля космического пространства, позволяющих обнаруживать и определять траектории КО средствами НР-МСТ-радара с последующим наведением на выбранный КО телескопов с узким полем обзора.

Система когерентных коротковолновых радаров. Исследование процессов, возникающих под воздействием солнечного ветра на магнитосферу и ионосферу Земли, – одна из центральных задач солнечно-земной физики. В числе наиболее эффективных инструментов для решения этой задачи следует назвать международную кооперативную систему SuperDARN (Super Dual Auroral Radar Network). Система представляет собой сеть высокочастотных (коротковолновых) радаров когерентного обратного рассеяния, радиолокационное поле которой накрывает полярные области в Северном и Южном полушариях (рис. 9). На основе

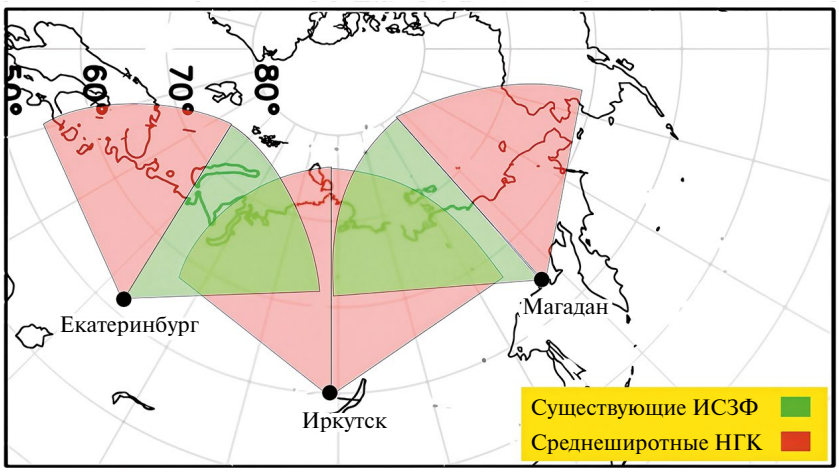


Рис. 9. Секторы контроля авроральной области России системой когерентных радаров
Fig. 9. Sectors of control of the auroral region of Russia by the coherent radar system

доплеровских измерений система позволяет определять картину конвекции плазмы полярной ионосферы, что является важнейшим индикатором её взаимодействия с магнитосферой. В настоящее время имеется 23 радара в Северном полушарии и 13 в Южном; они окружают полярные области.

ИСЗФ СО РАН развёртывает российскую сеть когерентных ионосферных радаров, подобную системе SuperDARN (рис. 10). Российские радары смогут вести наблюдения практически на всей долготной протяжённости Российской Федерации и позволят изучать магнитосферно-ионосферные связи, включая эффекты магнитосферных суббурь и геомагнитных бурь в среднеширотных и субавроральных областях. Основной вопрос взаимодействия солнечного ветра с магнитосферой – оценка электрического поля пересоединения и его вариаций вдоль так называемой линии слияния, то есть вдоль проекции на ионосферу области пересоединения на магнитопаузе. Имеющиеся системы позволяют делать это при определённых обстоятельствах, но ограничены довольно малым интервалом наблюдений, в то время как необходим охват большей части дневного сектора. Благодаря российским когерентным ионосферным радарам будет расширена сфера обзора, а значит, можно будет покрывать все интервалы местного времени, устранив таким образом ограничение по интервалу наблюдений.

Крупно- и среднемасштабная конвекция авроральной плазмы является одним из важных параметров для изучения процессов взаимодействия магнитосферы с ионосферой. Российские радары позволят существенно сократить существующий пробел в долготном диапазоне наблюдений и изучать магнитосферно-ионосферные связи, включая эффекты магнитосферных суббурь и геомагнитных бурь, в среднеширотных и субавроральных областях, интенсивно исследуемых в настоящее время. Российская система когерентных радаров предполагает исследования по нескольким крупным направлениям как в рамках международной кооперации, так и по самостоятельным программам [8].

Нагревный стенд нового поколения. Приоритетным и интенсивно развивающимся направлением стали экспериментальные исследования лабораторного типа по модификации ионосферы мощными КВ-радиоволнами. Такие исследования, проводимые при помощи нагревного стенда нового поколения, позволят уточнить особенности взаимодействия ионизированного и нейтрального компонентов верхней атмосферы (рис. 11) [9]. Благодаря этому станет возможным уточнить используемые в настоящее время модели среды околоземного космического пространства, актуализировать параметризации моделей солнечным и геомагнитным воздействием, разработать новые модели верхней атмосферы и ОКП. Использование новых и актуальных моделей значительно продвинет вперёд фундаментальные исследования, связанные с изменчивостью среды ОКП на различных временны́х масштабах и влиянием внешних и внутренних факторов на эту изменчивость. Следовательно, можно будет разрабатывать новые прикладные модели плотности среды, химического и ионного её состава, возмущений этих параметров, что необходимо для эффективной эксплуатации спутниковых и радиотехнических систем. А значит, освоение околоземного космического пространства станет более эффективным. Кроме того, такого рода эксперименты позволяют изучать пути и степень антропогенного воздействия на верхнюю атмосферу и околоземное космическое пространство и оценивать их последствия как для природной среды, так и для функционирующих в них спутниковых и радиотехнических систем.

Лидарно-оптический комплекс. В настоящее время создание глобальной и региональных систем исследования атмосферы на различных высотных уровнях – актуальная фундаментальная задача, в решении



Рис. 10. Общий вид двух сегментов когерентных радаров в районе Иркутска (проект)
Fig. 10. General view of two coherent radar segments in the Irkutsk area (project)

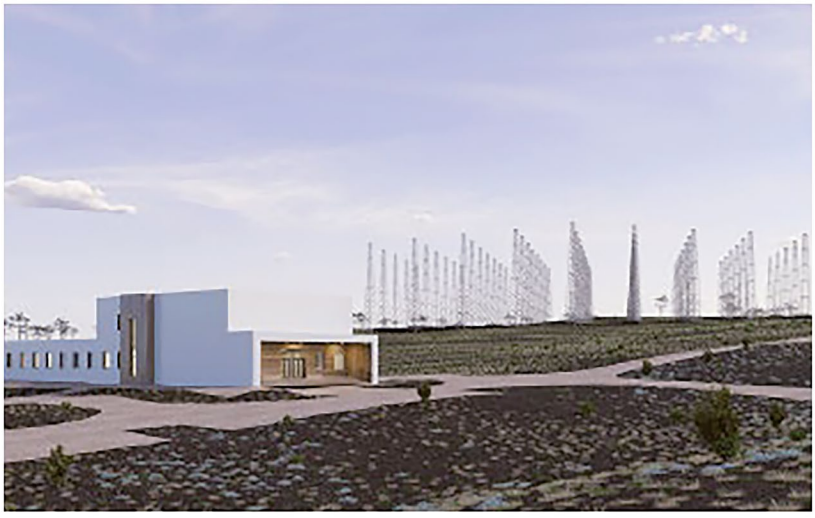


Рис. 11. Общий вид нагревного стенда (проект)
Fig. 11. General view of the heating stand (project)

которой объединяются научный и технический потенциалы мирового сообщества. Лидарно-оптический комплекс (ЛОК) в составе НГК РАН предназначен для исследования профильных характеристик физических параметров (температура, плотность, ветер) и состава (ряд газовых составляющих, аэрозоль) средней и верхней атмосферы, формируемых под воздействием природных и антропогенных процессов, в том числе экологических нарушений и мощных излучений (рис. 12) [10]. Лидар представляет собой активный инструмент, включающий мощные излучатели и крупногабаритную оптику. Следует подчеркнуть, что при разработке этой лидарной системы предусмотрена возможность её дальнейшей модернизации и развития.

Лидарно-оптический комплекс объединяет активные лазерные системы (лидар) и пассивные оптические инструменты для регистрации собственного оптического излучения атмосферных составляющих. Он позволит получать наиболее полную на данный момент информацию о состоянии атмосферы. Благодаря лидарным измерениям станет возможным на качественно новом уровне проводить исследования состояния и состава атмосферы в широком диапазоне высот – от 10 до 100 км. Применяемые методы зондирования позволяют получать информацию о гелиогеофизических процессах и явлениях, протекающих в этом интервале высот. Эта информация даёт представление о влиянии солнечной активности, о состоянии магнитосферы, стратосферных потеплениях, гравитационных



Рис. 12. Общий вид лидарно-оптического комплекса (проект)
Fig. 12. General view of the lidar-optical complex (project)

и планетарных волнах, вулканогенной и сейсмической активности, полярных и серебристых облаках. Как известно, верхнюю атмосферу, содержащую заряженные частицы, изучают с помощью радиофизических комплексов, а нейтральную часть атмосферы можно исследовать с использованием лидарных систем. Сочетание этих систем обеспечит анализ взаимосвязи нейтрального и заряженного компонентов – взаимосвязи, которая составляет одну из ключевых проблем в физике атмосферы Земли. Эти вопросы имеют и фундаментальное, и прикладное значение, хотя пока ещё слабо изучены.

Для исследования высоких слоёв атмосферы, включая мезосферу и термосферу, требуются лидарные системы с крупногабаритной оптикой и мощными лазерами. Именно такой мезосферно-стратосферный лидар будет впервые создан в нашей стране в составе НГК РАН, что позволит определять параметры стратосферы и мезосферы с высоким пространственным и временны́м разрешением. Такие параметры необходимо получать одновременно с результатами радиофизических измерений, что крайне важно в изучении солнечно-земных связей. Создаваемый мезосферно-стратосферный лидар с использованием полученных в Институте оптики атмосферы РАН (ИОА СО РАН) теоретических и экспериментальных научных разработок по методикам зондирования обеспечит решение задач дистанционного определения основных параметров атмосферы: температуры, плотности, скорости ветра, содержания озона, распределения паров натрия в мезосфере.

Таким образом, использование новейших технологий и разработанных методик измерений мезостратосферным лидаром позволит осуществлять непрерывный мониторинг термодинамических параметров и аэрозольно-газовых составляющих мезо- и стратосферы, получать информацию об атмосфере в диапазоне высот от 10 до 500 км.

Центр управления НГК РАН. Для сбора большого объёма данных с инструментов НГК РАН, координированного управления инструментами, разнесёнными на значительное расстояние, проведения сложного физического моделирования и интеллектуального анализа информации в рамках НГК РАН создаётся крупный центр управления и обработки данных. Центр строится в Иркутске, непосредственно на территории развития ИСЗФ СО РАН, с существенным запасом ресурсов хранения и обработки данных. Поэтому он может стать ядром для реализации стратегии гелиогеофизической безопасности России.

Проблемам организации и координации фундаментальных и прикладных работ в области гелиогеофизики посвящён ряд поручений Правительства Российской Федерации, выпущенных в период с 2015 по 2024 г. Под методическим руководством Комиссии РАН по гелиогеофизике разрабатываются документы стратегического планирования в области фундаментальной и прикладной гелиогеофизики (основы, стратегия, план реализации стратегии).

Такая стратегия должна включать как минимум четыре уровня: научный, технологий, административный и уровень потребителей (рис. 13). *Научный уровень* состоит из трёх блоков: наблюдение, исследование и моделирование. Наблюдение – это орбитальные и наземные данные, которые на выходе должны предоставляться в согласованных формате, разрешении и скважности по трём объектам исследования – Солнце, межпланетная магнитная среда и околоземное космическое пространство. Следующий блок – поисковые и фундаментальные исследования возникновения вспышек на Солнце и других явлений солнечной активности, процессов в межпланетной магнитной среде, ионосферных эффектов, а на выходе – физическое понимание и природа этих явлений. Третий блок – моделирование, то есть эмпирическое или численное моделирование процессов, которые на этапе фундаментальных и прикладных исследований были обнаружены и изучены; здесь осуществляется переход от теории к модели.

На *уровне технологий* происходит преобразование теоретических моделей в прогностические, когда несколько теоретических моделей различных процессов могут быть преобразованы в одну модель – начиная от вспышки на Солнце и заканчивая появлением эффектов в ионосфере, или модель прогноза фоновой солнечной активности; на выходе должны быть определены предикторы для ионосферной модели, которые могут рассматриваться в качестве конечного продукта для потребителей. Этот уровень предполагает наличие сложного механизма отладки моделей и их калибровки. На данном этапе производится оценка оправдываемости прогноза с различной заблаговременностью для каждой модели.

На *административном уровне* необходимо стандартизировать все явления, которые наблюдаются в космической погоде, по их магнитуде, частоте возникновения и последствиям, то есть по влиянию на ту или иную сферу деятельности (здоровье человека, функционирование различных технологических систем и т.п.); кроме того, необходимо определить порог ущерба – какой максимальный ущерб могут нанести те или иные явления.

На *уровне потребителей* реализуется дифференцированный доступ к гелиогеофизическим данным и производным продуктам, получаемым на их основе, для пользователей различных категорий, в числе которых: органы государственной власти – для оперативного принятия управленческих решений в условиях повышенных рисков негативного воздействия космической погоды на критическую инфраструктуру; профильные ведомства (Роскосмос, МЧС, Росгидромет и др.) – для выполнения служебных задач в области экономики, безопасности и обеспечения жизнедеятельности; научное сообщество – для проведения фундаментальных и прикладных исследований в области солнечно-земной физики; население – для получения достоверной информации о текущей солнечной и геомагнитной активности. Значительные объёмы накопленных данных создают риски задержек при выборке и выдаче результатов. Поэтому предусматривается автоматизированный удалённый доступ (для большей части задач), исключающий ручную предобработку

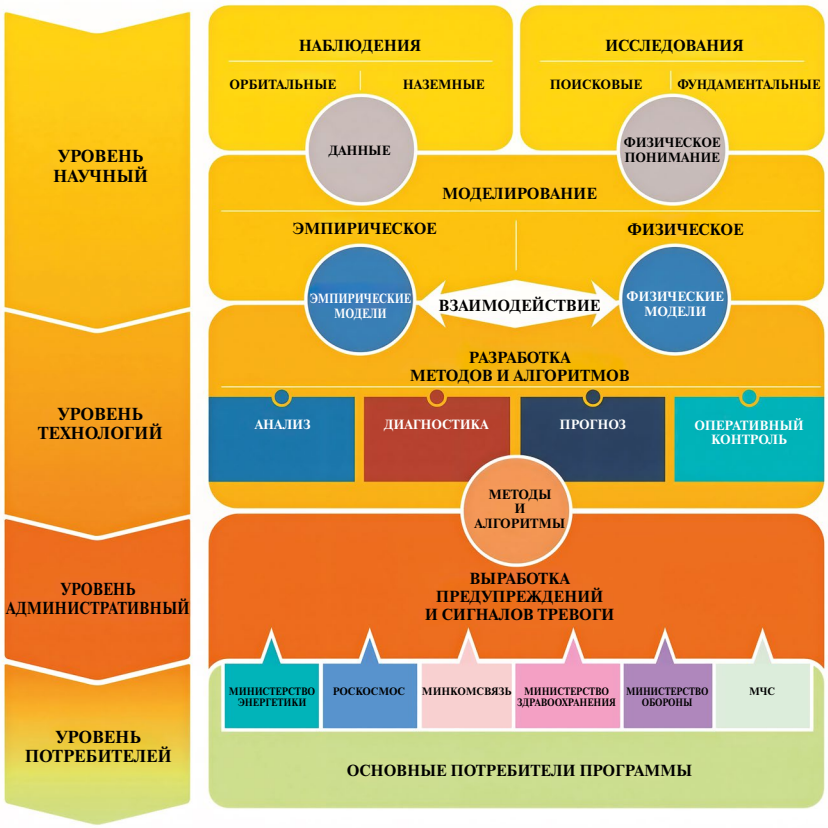


Рис. 13. Уровни стратегии гелиогеофизических исследований
Fig. 13. Levels of heliogeophysical research strategy

и сбор данных, а также гарантирующий бесконфликтное выполнение запросов при многопользовательской работе (в штатном режиме без участия персонала). Отдельным требованием выступает максимально наглядное и оперативное визуальное представление результатов, адаптированное под специфику каждой категории пользователей.

Перечисленные уровни реализации стратегии в области фундаментальной и прикладной гелиогеофизики требуют, помимо прочего, значительных вычислительных затрат. Коммуникационной опорой для реализации стратегии может стать Центр управления НГК РАН.

Наземная поддержка национального проекта "Космос". В рамках текущего национального проекта "Космос" на период до 2030 и перспективу до 2036 года в ходе реализации федерального проекта "Космическая наука" будет осуществлён комплекс мероприятий по запуску космических аппаратов научного назначения, предназначенных для получения информации в интересах решения фундаментальных проблем гелиогеофизики: поиск механизмов нагрева солнечной короны и предвестников солнечных вспышек на малых пространственных масштабах (проект "Арка") и определение механизмов передачи энергии солнечного ветра в магнитосферу Земли. Исследования солнечной короны в ультрафиолетовом (УФ) диапазоне на спутнике и в микроволновом диапазоне на радиогелиографе НГК РАН удачно дополняют друг друга: УФ-наблюдения обеспечивают высокое разрешение и данные по нагреву короны; благодаря микроволнам можно регистрировать магнитные поля в короне и ускоренные нетепловые частицы. Объединение информации, полученной с помощью этих инструментов, позволит существенно продвинуться в прогнозировании воздействия солнечных событий на Землю.

Закономерности, управляющие взрывным высвобождением накопленной энергии в магнитосфере и вспышками полярных сияний, механизмами ускорения электронов во внешнем радиационном поясе, предполагается исследовать на спутниках проектов "Резонанс" и "Резонанс-МКА". Особенностью космических аппаратов проекта "Резонанс" является их длительное (около трёх часов) нахождение примерно на одной силовой линии, вращающейся вокруг Земли вследствие коротации. Орбиты спутников расположены в основном внутри плазмосферы, включая область пересечения плазмосферы и кольцевого тока, а также плазмосферы и внешнего радиационного пояса. В ходе движения спутник имеет возможность изучить параметры плазмы и электромагнитного поля на данной силовой линии. Пока силовая линия находится в поле зрения радаров когерентного рассеяния, можно измерить характеристики движения плазмы в магнитосопряжённой точке ионосферы, вызываемого дрейфом в скрещенных полях. Это позволит вести мониторинг

волновой активности магнитосферы в широком диапазоне частот, особенно ультранизкочастотных (УНЧ) волн. Учитывая, что УНЧ-волны играют важную роль в динамике высокоэнергичных частиц кольцевого тока и радиационных поясов, можно будет верифицировать имеющиеся модели взаимодействия "волна–частица" и разработать новые модели, что имеет большое значение для прогноза космической погоды.

Самостоятельную проблему представляют совместные исследования с помощью спутниковых и наземных систем таких субавроральных ионосферных структур, как поляризационные джеты и стабильные красные авроральные дуги (SAR). В обоих случаях имеет место энергизация верхней ионосферы электронами магнитосферного происхождения, однако достоверные модели этих явлений пока не построены. Здесь могут быть полезны одновременные исследования этих феноменов с помощью спутников проекта "Резонанс" и наземных объектов НГК РАН, радаров когерентного рассеяния, а также комплекса оптических инструментов обсерватории, расположенной вблизи с. Торы (Бурятия).

Кроме того, в рамках федеральных космических программ в период с 2001 по 2025 г. реализованы проекты прикладного гелиогеофизического мониторинга в околоземном космическом пространстве в интересах Росгидромета, данные которых могут быть использованы для фундаментальных исследований. В частности, созданы и действуют специализированные гидрометеорологические космические аппараты, в состав бортовой целевой аппаратуры которых входят гелиогеофизические комплексы. Наиболее значимым событием в этой области стало развёртывание в 2024–2025 гг. четырёх КА "Ионосфера-М", предназначенных для мониторинга и исследований ионосферы Земли в интересах Росгидромета и Российской академии наук. В ноябре 2025 г. космическая система "Ионозонд" принята в эксплуатацию без ограничений.

Спутниковые исследования внешней части ионосферы (выше главного максимума ионизации) крайне важны для решения многих фундаментальных и прикладных задач. Необходимой частью таких исследований должна стать наземная поддержка спутниковой миссии. В настоящий момент единственным в России инструментом, позволяющим осуществить верификацию и взаимную калибровку данных о внешней ионосфере, является Иркутский радар некогерентного рассеяния (ИРНР) [11]. Следует организовать координацию работы и взаимный обмен данными между спутниками и ИРНР.

* * *

Национальный гелиогеофизический комплекс Российской академии наук создаётся с целью достижения мирового приоритета отечественной науки (с перспективой на 20–25 лет) в области наземных наблюдений и получения фундаментальных знаний о природе солнечной активности, о процессах в физической системе "Солнце–Земля", о структуре обратных связей в системе "литосфера–атмосфера–ионосфера–магнитосфера". Работа комплекса должна обеспечить опережающее развитие исследований в области физики Солнца и физики околоземного космического пространства, ориентированных на решение актуальных фундаментальных и прикладных задач в интересах безопасности государства и развития новых космических технологий в рамках Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. Создаваемая экспериментальная база позволит осуществить переход на качественно новый уровень фундаментальных и прикладных исследований в области солнечно-земной физики – физики Солнца, атмосферы, ионосферы и магнитосферы Земли – и обеспечит выполнение таких исследований на высоком уровне в ближайшие 25–30 лет. Размещение строящегося комплекса на или вблизи сети обсерваторий ИСЗФ СО РАН даст возможность координировать наблюдения и проводить совместные эксперименты с использованием действующей научной инфраструктуры.

Потенциальные научно-технические возможности комплекса наземных инструментов нового поколения в решении фундаментальных и прикладных задач должны стать основой разработки научно-технической программы изучения негативных космических явлений и снижения их последствий, наряду с планируемыми космическими экспериментами. Географическое положение создаваемого комплекса, его многофункциональность и техническое оснащение обеспечат участие российских учёных в международных программах и проектах в области космических исследований. Кроме того, исследовательский комплекс может стать центром просветительской, учебной и научной деятельности для российских и зарубежных студентов, аспирантов, исследователей, а также подготовки научных и инженерных кадров для научных организаций и университетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Жеребцов Г.А. Комплекс гелиогеофизических инструментов нового поколения. *Солнечно-земная физика*. 2020. Т. 6. № 2. С. 6–18.

   [Zherebtsov G.A. A new-generation complex of heliogeophysical instruments. *Solar-Terrestrial Physics*. 2020, vol. 6, no. 2, pp. 6–18. (In Russ.)]

2. Григорьев В.М., Демидов М.Л., Колобов Д.Ю. и др. Проект национального российского крупного солнечного телескопа с диаметром зеркала 3 м. *Солнечно-земная физика*. 2020. Т. 6. № 2. С. 19–36.

   [Grigoriev V.M., Demidov M.L., Kolobov D.Yu. et al. Project of the national Russian large solar telescope with a mirror diameter of 3 m. *Solar-Terrestrial Physics*. 2020, vol. 6, no. 2, pp. 19–36. (In Russ.)]

3. Алтынцев А.Т., Лесовой С.В., Глоба М.В. и др. Многоволновый сибирский радиогелиограф. *Солнечно-земная физика*. 2020. Т. 6. № 2. С. 37–50.

   [Altyntsev A.T., Lesovoy S.V., Globa M.V., et al. Multiwave Siberian radioheliograph. *Solar-Terrestrial Physics*. 2020, vol. 6, no. 2, pp. 37–50. (In Russ.)]

4. Lesovoi S.V., Gary D.E., Globa M.V., Ivanov E.F. On a Possible Scenario of Solar Coherent Bursts. *Solar Physics*. 2025, vol. 300, no. 2, art. 23. DOI:10.1007/s11207-025-02433-z

5. Kuznetsov A.A., Fleishman G.D., Nita G.M., Anfinogentov S.A. Magneto-thermal Coupling and Coronal Heating in Solar Active Regions Inferred from Microwave Observations. *The Astrophysical Journal*. 2025, vol. 991, ID. 186. DOI: 10.3847/1538-4357/adfc4b

6. Васильев Р.В., Артамонов М.Ф., Белецкий А.Б. и др. Научные задачи оптических инструментов Национального гелиогеофизического комплекса. *Солнечно-земная физика*. 2020. Т. 6. № 2. С. 105–122.

   [Vasiliev R.V., Artamonov M.F., Beletsky A.B., et al. Scientific tasks of optical instruments of the National Heliogeophysical Complex. *Solar-Terrestrial Physics*. 2020, vol. 6, no. 2, pp. 105–122. (In Russ.)]

7. Медведев А.В., Потехин А.П., Сетов А.Г. и др. Всеатмосферный радар НР-МСТ. *Солнечно-земная физика*. 2020. Т. 6. № 2. С. 51–60.

   [Medvedev A.V., Potekhin A.P., Setov A.G., et al. All-atmospheric radar NR-MST. *Solar-Terrestrial Physics*. 2020, vol. 6, no. 2, pp. 51–60. (In Russ.)]

8. Бернгардт О.И., Куркин В.И., Кушнарёв Д.С. и др. Декаметровые радары ИСЗФ СО РАН. *Солнечно-земная физика*. 2020. Т. 6. № 2. С. 79–92.

   [Bernhardt O.I., Kurkin V.I., Kushnarev D.S., et al. Decameter radars of ISTP SB RAS. *Solar-Terrestrial Physics*. 2020, vol. 6, no. 2, pp. 79–92. (In Russ.)]

9. Васильев Р.В., Сетов А.Г., Фролов В.Л. и др. Современный нагревный стенд для исследования ионосферы средних широт. *Солнечно-земная физика*. 2020. Т. 6. № 2. С. 61–78.

   [Vasiliev R.V., Setov A.G., Frolov V.L., et al. A modern heating facility for studying the mid-latitude ionosphere. *Solar-Terrestrial Physics*. 2020, vol. 6, no. 2, pp. 61–78. (In Russ.)]

10. Матвиенко Г.Г., Маричев В.Н., Бобровников С.М. и др. Мезостратосферный лидар для гелиогеофизического комплекса. *Солнечно-земная физика*. 2020. Т. 6. № 2. С. 93–104.

    [Matvienko G.G., Marichev V.N., Bobrovnikov S.M., et al. Mesostratospheric lidar for the heliogeophysical complex. *Solar-Terrestrial Physics*. 2020, vol. 6, no. 2, pp. 93–104. (In Russ.)]

11. Medvedev A.V., Potekhin A.P. Irkutsk Incoherent Scatter Radar: history, present and future. *History of geo- and space sciences*. 2019, vol.10, no. 2, pp. 215–224. DOI: org/10.5194/hgss-10-215-2019

С КАФЕДРЫ ПРЕЗИДИУМА РАН
FROM THE ROSTRUM OF THE RAS PRESIDIUM

DOI: 10.7868/S3034520026110032 Оригинальная статья

НАБЛЮДАТЕЛЬНАЯ НАЗЕМНАЯ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКАЯ СЕТЬ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ

А.А. Абунин*

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук, 108840, Троицк, Москва, Российская Федерация
**E-mail: abunin@izmiran.ru*

Аннотация. Одна из актуальных фундаментальных и прикладных задач солнечно-земной физики – заблаговременное прогнозирование параметров космической погоды и оценка её влияния на околоземное космическое пространство и наземную инфраструктуру. Российская Федерация имеет очень большой задел и опыт в данном направлении, а также существенное конкурентное преимущество по сравнению с другими странами. В то же время существуют определённые проблемы, связанные с поддержанием и развитием наблюдательной наземной гелиогеофизической сети.

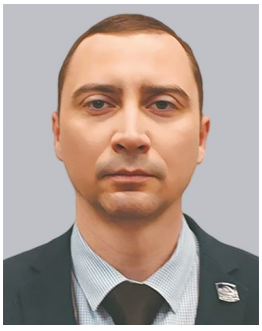
Ключевые слова: солнечная активность, геомагнитная активность, космическая погода

Финансирование. Статья подготовлена в рамках темы государственного задания ИЗМИРАН.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Ссылка для цитирования: Абунин А.А. Наблюдательная наземная гелиогеофизическая сеть Российской академии наук и прогнозирование параметров космической погоды. *Вестник РАН / Herald of the Russian Academy of Sciences.* 2026. Том 96. № 11. С. 948–956. https://doi.org/10.7868/S3034520026110032

Поступила в редакцию 28.07.2026
После доработки 28.07.2026
Принята к публикации 12.08.2026



АБУНИН Артем Анатольевич – кандидат физико-математических наук, директор ИЗМИРАН, e-mail: abunin@izmiran.ru, https://orcid.org/0000-0003-1427-3045.

© Абунин А.А., 2026

С КАФЕДРЫ ПРЕЗИДИУМА РАН
FROM THE ROSTRUM OF THE RAS PRESIDIUM

DOI: 10.7868/S3034520026110032 Original Article

OBSERVATIONAL GROUND-BASED HELIOGEOPHYSICAL NETWORK OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES AND PREDICTION OF SPACE WEATHER PARAMETERS

A.A. Abunin*

Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation Russian Academy of Sciences, 108840, Troitsk, Moscow, Russian Federation
**E-mail: abunin@izmiran.ru*

Abstract. One of the pressing fundamental and applied tasks of solar-terrestrial physics is the advance prediction of space weather parameters and the assessment of its impact on near-Earth environment and ground-based infrastructure. The Russian Federation has a substantial scientific foundation and experience in this area, as well as a significant competitive advantage compared with other countries. However, there are also certain challenges related to maintaining and developing the ground-based heliogeophysical observational network.

Keywords: solar activity, geomagnetic activity, space weather

Funding. The paper was prepared on the state assignment of IZMIRAN.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

For citation: Abunin A.A. Observational ground-based heliogeophysical network of the Russian Academy of Sciences and prediction of space weather parameters. *Vestnik Rossijskoj Akademii Nauk / Herald of the Russian Academy of Sciences.* 2026, vol. 96, no. 11, pp. 948–956. (In Russ.) https://doi.org/10.7868/S3034520026110032

Received July 28, 2026
Revised July 28, 2026
Accepted August 12, 2026

ABUNIN Artem A. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Director of IZMIRAN, e-mail: abunin@izmiran.ru, https://orcid.org/0000-0003-1427-3045.

© Abunin A.A., 2026

Солнце определяет состояние космической погоды во всей гелиосфере. Может показаться, что термин “космическая погода” появился относительно недавно, но на самом деле его начали использовать с середины XIX в. в разных вариациях: “солнечная метеорология”, “магнитная погода”, “космическая метеорология”, “электрическая погода”, “межзвёздная метеорология”, “космическая погода” [1]. На текущий момент существует множество определений понятия “космическая погода”. В соответствии с наиболее полным из них под космической погодой понимается комплекс процессов, происходящих на Солнце и в гелиосфере, которые могут создавать прямые или опосредованные риски для нормального функционирования природных, технологических и биологических систем, находящихся на Земле, в околоземном пространстве и в любой точке Солнечной системы [2].

Важно подчеркнуть, что главный фактор космической погоды – именно Солнце. Солнечная активность определяет состояние всей гелиосферы, межпланетной среды, магнитосферы, ионосферы и верхней атмосферы Земли. Для того чтобы прогнозировать влияние космической погоды на ту или иную область гелиосферы, необходимо прежде всего уметь прогнозировать состояние Солнца и солнечную активность.

Здесь будет рассмотрено воздействие космической погоды на околоземное космическое пространство, а также состояние наземной наблюдательной гелиогеофизической сети Российской академии наук.

ВЛИЯНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ

Влияние солнечной активности на околоземное космическое пространство и наземную инфраструктуру колоссально, хотя и не всегда очевидно. Наиболее подвержено ему космическое пространство, так как с удалением от поверхности Земли теряются защитные свойства магнитосферы и атмосферы. Магнитосфера задерживает радиацию в виде высокоэнергичных заряженных частиц, а атмосфера – губительное для живых организмов электромагнитное излучение Солнца. Чем дальше от поверхности Земли, тем слабее магнитное поле, тем ниже плотность атмосферы, что ставит по угрозу человеческую деятельность.

Наиболее ощутимо влияние космической погоды на верхнюю атмосферу Земли, которая достигает высоты приблизительно 2100–2200 км. До этой высоты атмосфера ещё способна влиять на баллистические характеристики космических объектов за счёт аэродинамического торможения. На рисунке 1 показано, как меняется плотность верхней атмосферы на различных высотах при различных уровнях солнечной активности. Из рисунка видно, например, что на высоте ~600 км плотность верхней атмосферы может отличаться более чем на два порядка при разных уровнях активности Солнца. И если на отдельных фазах цикла солнечной активности это можно учесть при долгосрочном прогнозировании, то во время стохастических (нерекуррентных) проявлений солнечной активности это сделать крайне сложно.

Изменение плотности верхней атмосферы происходит несимметрично относительно земного шара, поскольку на данный процесс влияют сразу два основных фактора – солнечная активность и геомагнитная возмущённость (как отклик магнитосферы Земли на межпланетные возмущения, вызванные Солнцем). С одной стороны, Солнце за счёт электромагнитного излучения нагревает атмосферу с дневной стороны, тем самым расширяя её. С другой стороны, геомагнитные возмущения вследствие генерации кольцевых токов в околоземном космическом пространстве нагревают атмосферу уже со всех сторон. Всё это порождает неоднородности плотности верхней атмосферы Земли. В результате космические объекты (космические

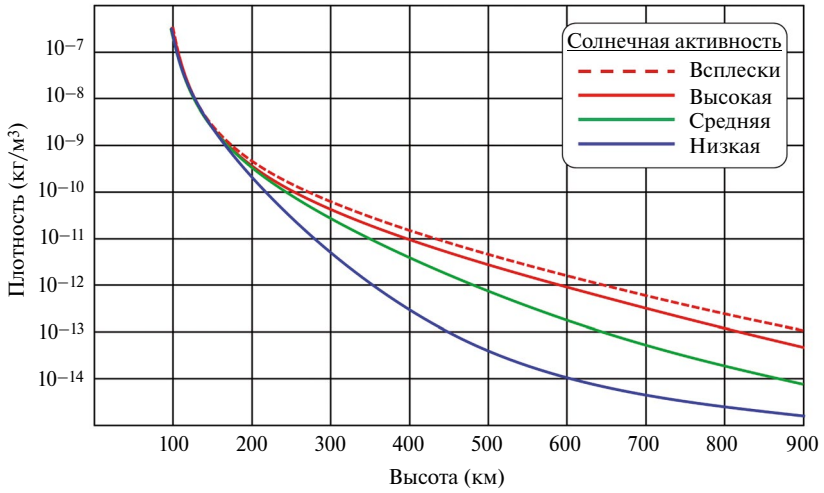


Рис. 1. Зависимость плотности верхней атмосферы Земли от высоты при различных уровнях солнечной активности

Fig. 1. Dependence of the density of the Earth’s upper atmosphere on altitude at different levels of solar activity

аппараты и космический мусор), попадая в различные по плотности участки, меняют свои траектории.

Изменения траекторий могут вызывать угрозу для действующих космических аппаратов и орбитальных станций из-за потенциальной вероятности их столкновения как между собой, так и с космическим мусором. Пример такого события – столкновение искусственных спутников "Космос-2251" (принадлежавший космическим войскам России) и "Iridium 33" (американский спутник телефонной связи), произошедшее 10 февраля 2009 г. В результате этого столкновения в околоземном космическом пространстве образовалось более 3000 обломков (из которых около 600 – крупные фрагменты), то есть космический мусор. Для предотвращения подобных случаев в Российской Федерации была создана и успешно функционирует автоматизированная система предупреждения об опасных ситуациях в околоземном космическом пространстве (АСПОС ОКП). Данная система позволяет в реальном времени получать информацию о баллистических характеристиках (параметрах траекторий) космических аппаратов и космических объектов (космического мусора), прогнозировать изменение траекторий данных объектов и в случае потенциальной опасности их сближения или столкновения давать сигнал к изменению траекторий защищаемых объектов.

Прогнозирование параметров верхней атмосферы и соответствующих траекторий космических объектов опирается на прогнозы солнечной и геомагнитной активности, которые выдаёт Сегмент по расчёту параметров солнечной и геомагнитной активности АСПОС ОКП, созданный на базе Центра прогнозов космической погоды Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН). Центр создан в 1998 г. и в ежедневном режиме обеспечивает прогнозами параметров космической погоды различные ведомства, а также предприятия Госкорпорации "Роскосмос".

Таким образом, активность Солнца и вызванные ею геомагнитные возмущения могут оказывать существенное влияние на состояние верхней атмосферы Земли, и именно достоверные прогнозы солнечной и геомагнитной активности позволяют учитывать такое влияние при осуществлении деятельности в околоземном космическом пространстве.

Помимо верхней атмосферы Земли, Солнце также существенно воздействует на состояние ионосферы и определяет условия распространения радиоволн в ней: космическая погода влияет на телекоммуникации, системы навигации и позиционирования, радары и космические технологические системы. Успехи высокочастотной радиосвязи зависят от способности прогнозирования ионосферных условий. Модели ионосферы Земли находят широкое применение при решении различных прикладных задач, связанных с прогнозированием распространения радиоволн коротковолнового диапазона, интерпретацией результатов ионосферного радиозондирования, повышения точности определения координат при использовании спутниковых радионавигационных систем. Моделирование состояния ионосферы во временны́х масштабах от нескольких минут до нескольких дней и лет стало основой прогнозирования космической погоды. Следует отметить, что в подавляющем большинстве моделей ионосферы [3, 4], а также моделей ионосферного распространения радиоволн [5] в качестве входного параметра используется информация о солнечной и геомагнитной активности.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНОЙ И ГЕОМАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ

Оценка текущего состояния солнечной активности и, как следствие, её влияния на магнитосферу Земли – геомагнитной возмущённости, а также заблаговременное прогнозирование их состояния рассматриваются в качестве наиболее важных прикладных задач солнечно-земной физики. Прежде всего это связано с активной деятельностью человека в околоземном космическом пространстве. Умение качественно прогнозировать солнечную активность позволяет оценивать различные характеристики околоземного космического пространства.

Прогнозы условно можно разделить на несколько типов по срокам прогнозирования: долгосрочные, среднесрочные, краткосрочные и сверхкраткосрочные. К долгосрочным относят прогнозы от нескольких месяцев до десятков лет (определяются среднемесячные и среднегодовые значения), к среднесрочным – от нескольких дней до нескольких месяцев или оборотов Солнца вокруг своей оси (среднесуточные значения), к краткосрочным – от нескольких часов до нескольких суток (трёхчасовые и среднесуточные значения), к сверхкраткосрочным – от минут до нескольких часов (минутные и часовые значения). Перечисленные модели прогнозирования принципиально отличаются друг от друга.

Что касается прогнозирования конкретных характеристик солнечной активности, то используется огромное количество оцениваемых параметров. К ним можно отнести, например, магнитные поля в активных областях на Солнце, потоки излучения на различных длинах волн, потоки космических лучей, температуру и плотность различных слоёв Солнца в активных и невозмущённых областях и многие другие. Важно понимать, что явления на Солнце представляют собой взаимодействие многих конкурирующих и параллельных процессов, которые протекают одновременно на разных высотах в атмосфере звезды [6]. Зачастую невозможно характеризовать событие на Солнце каким-либо набором чётко определённых наблюдаемых физических параметров. Кроме того, солнечные явления могут протекать либо в недоступных для наблюдения слоях, либо настолько быстро, что их не успевают зарегистрировать. К тому же точность наблюдений этих явлений нередко недостаточно высока. Следует учитывать, что все процессы на Солнце содержат значимую стохастическую составляющую. При одних и тех же условиях конкретное явление может произойти или

не произойти. Это значит, что необходимо накопить большой экспериментальный материал, чтобы иметь возможность применять методы статистики [6].

Наиболее важными параметрами космической погоды с точки зрения практического применения являются: радиоизлучение Солнца на длине волны 10.7 см – индекс *F10.7* (характеризует солнечную активность) и *ap*-индекс геомагнитной активности (характеризует геомагнитную возмущённость). Именно эти индексы космической погоды применяются в качестве входных параметров в большинстве моделей, имитирующих состояние околоземного космического пространства (ионосферы, верхней атмосферы и пр.).

В ходе разработки системы АСПОС ОКП в ИЗМИРАН был создан ряд уникальных моделей, которые позволяют прогнозировать солнечную и геомагнитную активность. В аналитическом виде модель прогнозирования солнечной активности для оценки значения индекса *F10.7* от суток до нескольких лет выглядит следующим образом (1):

$$F_{10.7}(t) = a_0 + a_{11} f_{11}(t) + a_{27} f_{27}(t) + \\ + a_1 f_1(t) + \sum\nolimits_1^n a_k f_k(t) \quad , \qquad (1)$$

где $F_{10.7}$ – прогнозируемые значения потока радиоизлучения Солнца на длине волны 10.7 см (индекс *F10.7*); $f_{11}(t)$ – функция влияния цикла солнечной активности (11-летний цикл солнечной активности – цикл Швабе); $f_{27}(t)$ – функция влияния квазидвадцатисемидневной повторяемости (период вращения Солнца вокруг своей оси); $f_1(t)$ – функция влияния последних наблюдений; $f_k(t)$ – функция влияния комплексов активности (активных областей на поверхности Солнца); a_0, a_{11}, a_{27}, a_1, a_k – регрессионные коэффициенты, которые следует подбирать и уточнять на основе статистики.

Модель прогнозирования геомагнитной активности для оценки значения *ap*-индекса геомагнитной активности от трёх часов до нескольких лет в аналитическом виде имеет следующий вид (2):

$$ap(t) = b_0 + b_{22} f_{22}(t) + b_{11} f_{11}(t) + \\ + b_s f_s(t) + b_{27} f_{27}(t) + b_1 f_1(t) + \sum\nolimits_1^n b_k f_k(t) \quad , \qquad (2)$$

где *ap* – прогнозируемые значения индекса геомагнитной активности (*ap*-индекс геомагнитной активности); $f_{22}(t)$ – функция влияния солнечного магнитного цикла (22-летний цикл солнечной активности – цикл Хейла); $f_{11}(t)$ – функция влияния цикла солнечной активности (11-летний цикл солнечной активности – цикл Швабе); $f_s(t)$ – функция сезонной зависимости; $f_{27}(t)$ – функция влияния квазидвадцатисемидневной повторяемости; f_1 – функция влияния последних наблюдений; $f_k(t)$ – функция влияния комплексов активности (корональных дыр на поверхности Солнца); b, b_{22}, b_{11}, b_s, b_{27}, b_1, b_k – коэффициенты, которые следует подбирать и уточнять на основе статистики.

Результаты расчётов данных моделей ежедневно используются специалистами ГК “Роскосмос” при прогнозировании баллистических характеристик космических объектов.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПОЛНОТУ И ТОЧНОСТЬ ИНФОРМАЦИИ О ТЕКУЩЕМ И ПРОГНОЗИРУЕМОМ СОСТОЯНИИ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ

При оценке текущего и расчёте прогнозного состояния космической погоды можно выделить следующие факторы, которые влияют на точность выдаваемой информации:

- наличие технических средств, позволяющих вести мониторинг и анализировать состояние космической погоды (детекторы наземного и космического базирования, аппаратно-программные комплексы);
- наличие специалистов (научные сотрудники, инженеры);
- наличие баз данных, методик и алгоритмов оценки текущего и расчёта прогнозного состояния космической погоды.

Располагая всеми перечисленными возможностями, можно получать максимально полную и точную информацию о текущем и прогнозируемом состоянии гелиогеофизической обстановки (космической погоды), в том числе о её резких изменениях, с целью оценки состояния межпланетной и околоземной космической среды.

Один из важнейших факторов, влияющих на полноту и точность информации о текущем и прогнозируемом состоянии гелиогеофизической обстановки – наличие инструментальной базы (различные гелиогеофизические детекторы), без которой невозможно осуществлять непрерывный или патрульный мониторинг основных параметров, характеризующих состояние космической погоды. К таким параметрам относятся:

- информация о солнечной активности (наличие и характеристики рекуррентных и спорадических солнечных источников возмущения межпланетной среды, уровень электромагнитного излучения на разных длинах волн, локальные и глобальные поля на Солнце, форма гелиосферного токового слоя и пр.);
- сведения о состоянии межпланетной среды (скорость, плотность и температура солнечного ветра, напряжённость межпланетного магнитного поля и пр.);
- данные о геомагнитной активности (степень возмущённости магнитного поля Земли);
- информация о состоянии ионосферы (критические частоты и высоты различных слоёв ионосферы);
- сведения о состоянии верхней атмосферы (срезы плотностей атмосферы по высотам);
- информация о потоках высокоэнергичных электронов магнитосферного происхождения различных энергий на геостационарной орбите;
- данные о потоках солнечных протонов (солнечных космических лучах) и т.д.

Используемые инструменты для получения перечисленных сведений можно разделить на два класса, опираясь на их расположение: космические и наземные.

Инструменты космического базирования необходимы прежде всего для оценки состояния межпланетной среды (характеристики солнечного ветра), а также для мониторинга солнечной активности (электромагнитное излучение, источники возмущения межпланетной среды разных типов, локальные и глобальные магнитные поля и структуры на Солнце). Кроме того, детекторы космического базирования необходимы для мониторинга потоков заряженных частиц (электроны и протоны) различных энергий в околоземном космическом пространстве с целью оценки радиационной обстановки.

На текущий момент функционирует ряд космических аппаратов и обсерваторий, обеспечивающих в квазиреальном времени получение информации о солнечной активности и солнечном ветре: SDO (Solar Dynamics Observatory, НАСА), SOHO (Solar and Heliospheric Observatory, Европейское космическое агентство), STEREO (Solar TErrestrial RElations Observatory, НАСА), ACE (Advanced Composition Explorer, НАСА), DSCOVR (Deep Space Climate Observatory, НАСА и Национальное управление океанических и атмосферных исследований США), SOLAR-1 (Space weather Observations at L1 to Advance Readiness – 1, Национальное управление океанических и атмосферных исследований США), IMAP I-ALiRT (Active Link for Real-Time, НАСА), Solar Orbiter (Европейское космическое агентство), Parker Solar Probe (НАСА), Aditya-L1 (Индийская организация космических исследований) и др.

К сожалению, на данный момент Российская Федерация не располагает космическими аппаратами, которые обеспечивали бы получение данных о солнечной активности и солнечном ветре. Одна из последних подобных космических миссий – аппарат "Коронас-Ф", который прекратил функционировать в декабре 2005 г. Проект "Интергелиозонд" планировался к реализации в 2015 г., но вследствие секвестра бюджета был исключён из космической программы. В рамках проекта "Ионозонд" предполагался к запуску "Зонд-М", однако его разработка была приостановлена. К настоящему времени начаты работы по проекту обсерватории "АРКА", которая должна включать в свой состав солнечные детекторы и инструменты, позволяющие регистрировать параметры солнечного ветра. Запуск обсерватории планируется на 2033 г.

Инструменты наземного базирования предназначены для получения информации о состоянии солнечной активности (например, о мелкомасштабных и крупномасштабных магнитных полях на поверхности Солнца, потоках солнечного радиоизлучения на разных длинах волн), параметрах магнитного поля Земли (геомагнитная активность), состоянии ионосферы, потоках галактических и солнечных космических лучей и пр.

Несмотря на то, что у Российской Федерации на текущий момент полностью отсутствует космическая группировка для непрерывного мониторинга солнечной активности и солнечного ветра, наша страна обладает существенным преимуществом в сфере мониторинга состояния космической погоды с помощью наземной сети детекторов по сравнению с другими странами. Это связано прежде всего с протяжённостью территории, которая охватывает 11 часовых поясов, а также наличием организаций, занимающихся мониторингом различных параметров космической погоды (солнечная и геомагнитная активность, состояние ионосферы) при помощи наземных детекторов.

НАЗЕМНЫЕ СРЕДСТВА И КОМПЛЕКСЫ НАБЛЮДЕНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ

Можно выделить три основных ведомства, которым подчиняются организации, занимающиеся наблюдениями космической погоды: Минобрнауки России, Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) и Минобороны России. Далее речь пойдёт только об организациях, подведомственных Минобрнауки России и входящих в состав Российской академии наук.

Одна из таких организаций – Кисловодская горная астрономическая станция Главной (Пулковской) астрономической обсерватории Российской академии наук (ГАС ГАО РАН). В основе программ ГАС ГАО РАН лежат синоптические ежедневные наблюдения солнечной активности, в том числе: фотосферы в белом свете, хромосферы в линиях H-alpha и K CaII, солнечной короны в линиях 5303Å и 6374Å, крупномасштабного магнитного поля полного диска Солнца, а также непрерывная (патрульная) регистрация хромосферной активности в линиях H-alpha и K CaII, а также в радиодиапазоне на волнах 5 см и 3 см. Главные результаты работы станции представлены длительными рядами наблюдений, которые обработаны и включены в различные каталоги и интернет-ресурсы (например, http://observethesun.ru, http://solarstation.ru), в том числе наблюдений: солнечных пятен (более 75 лет), солнечной короны (более 65 лет), солнечных волокон и протуберанцев в линии H-альфа (более 65 лет), хромосферы Солнца в линии K CaII (более 65 лет), наблюдений в сантиметровом радиодиапазоне (более 65 лет). Этот массив данных, имея в виду длительность его накопления, уникален в мировом масштабе. К сожалению, станция испытывает определённые трудности, обусловленные недостаточным финансированием, дефицитом специалистов, а также устареванием материально-технической базы. В связи с этим есть риск закрытия данной станции или прекращения отдельных наблюдений на ней. С подобными проблемами сталкиваются и большинство других обсерваторий и институтов.

Другая такая организация – Крымская астрофизическая обсерватория РАН (КрАО РАН), которая также занимается мониторингом солнечной активности. В её распоряжении находятся башенные солнечные телескопы БСТ-1 и БСТ-2, коронографы КГ-1 и КГ-2, радиотелескопы РТ-2 (3 и 5 см), РТ-3 (10 и 12 см) и РТ-М (250-350 МГц). КрАО РАН,

как и ГАС ГАО РАН, располагает длительным рядом наблюдений, что позволяет создавать новые и уточнять имеющиеся модели прогнозирования солнечной активности на различные сроки.

Ещё одним учреждением, осуществляющим мониторинг параметров солнечной активности, является Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЗФ СО РАН). На его базе активно ведётся строительство комплекса гелиогеофизических инструментов нового поколения – Национального гелиогеофизического комплекса Российской академии наук (НГК РАН). Согласно концепции [7] проектирование и строительство объектов НГК РАН нацелено на опережающее развитие российской науки в области солнечно-земной физики и физики околоземного космического пространства, решение актуальных фундаментальных и прикладных задач для достижения приоритетов научно-технологической стратегии России.

НГК РАН включает в себя взаимосогласованные проекты крупных экспериментальных установок по физике Солнца и космической геофизике: солнечный телескоп-коронограф (с диаметром зеркала 3 м), радиогелиограф (введён в эксплуатацию в 2024 г.), систему радаров (НР-МСТ-радар с российским сегментом когерентных высокочастотных радаров), лидар, оптические инструменты (введены в эксплуатацию в 2022 г.), нагревный стенд, центр управления. Комплекс инструментов создаётся в основном в обсерваториях ИСЗФ СО РАН в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, где уже имеется значительная часть необходимой инфраструктуры и есть высококвалифицированные научные и инженерно-технические кадры, что позволит существенно сократить стоимость и сроки реализации проекта.

Если в перспективе на базе инструментов НГК РАН будет создан центр коллективного пользования, станет возможным производить согласованные комплексные исследования на всём протяжении – от солнечных событий до процессов в нижней атмосфере Земли – с участием организаций, обладающих необходимыми компетенциями и уникальной исследовательской инфраструктурой (ИЗМИРАН, САО РАН, ГАО РАН, ИКФИА СО РАН и др.), а также изучать пространственные проявления магнитосферно-ионосферно-атмосферного взаимодействия на большой части средне- и высокоширотной территории Российской Федерации.

Помимо отмеченных выше институтов и обсерваторий, мониторинг солнечной активности ведёт ещё ряд организаций, в том числе ИЗМИРАН, ИКИ РАН, САО РАН, ИФА РАН, ФИАН и др. Что касается мониторинга состояния ионосферы и геомагнитной активности при помощи наземных детекторов, то здесь можно выделить организации, входящие в состав Российской академии наук, где развёрнуты обсерватории с магнитовариационными станциями, ионосферными станциями вертикального и наклонного зондирования, камерами всего неба и пр. Это ИЗМИРАН, ИСЗФ СО РАН, ИКИ РАН, ПГИ, ИДГ РАН, ГЦ РАН, ИКИР ДВО РАН, ИКФИА СО РАН, ИФЗ РАН и др. К сожалению, все эти обсерватории не объединены в общую сеть, а доступ к данным детекторов затруднён даже внутри ведомства.

Нельзя не сказать о ещё одном комплексе наземных детекторов – Уникальной научной установке “Российская национальная наземная сеть станций космических лучей” (УНУ “Сеть СКЛ”). Этот проект призван обеспечить получение новых знаний о физических процессах, ответственных за спорадические явления на Солнце и в межпланетной среде, и их взаимосвязи с динамикой потоков высокоэнергичных частиц на орбите Земли. В экспериментальном плане речь идёт о новых данных о потоках космических лучей в широком интервале энергий – от 0.1 до 100 ГэВ – в различные периоды солнечной активности и накоплении результатов измерений. УНУ “Сеть СКЛ” предназначена для непрерывного наземного мониторинга вторичного галактического и солнечного космического излучения, в качестве наземных детекторов которого используются нейтронные супермониторы, мюонные супертелескопы и детекторы ионизирующего излучения при стратосферном зондировании. Детекторы расположены на различных высотах, широтах и долготах, включая арктический и антарктический регионы, и функционируют как единая сеть мониторинга космического излучения. В состав УНУ “Сеть СКЛ” входят 14 станций космических лучей и 3 стратосферных станции, работы на которых выполняются восемью научными организациями, подведомственными Минобрнауки России: ИЗМИРАН, ИСЗФ СО РАН, ПГИ, ИКФИА СО РАН, ИКИР ДВО РАН, ИНГГ СО РАН, ИЯИ РАН и ФИАН.

Помимо наличия технических средств, важнейшую роль в прогнозировании параметров космической погоды играет наличие специалистов в области солнечно-земных связей – как теоретиков, так и инженерно-технических кадров. Следует отметить, что на подготовку таких специалистов с высшим профильным образованием уходит до 8–10 лет. Сейчас в стране наблюдается их существенный дефицит, особенно технического персонала. Тем не менее в России есть несколько научных групп, которые занимаются анализом, оценкой и прогнозированием состояния космической погоды, в частности в ИЗМИРАН.

С 1998 г. в ИЗМИРАН действует Центр прогнозов космической погоды – гелиогеофизическая служба, в которой результаты фундаментальных исследований по проблемам солнечно-земной физики используются для практического прогнозирования различных параметров космической погоды на различные сроки упреждения и для оперативного обеспечения этими прогнозами заинтересованных потребителей (рис. 2). Центр ежедневно передаёт заинтересованным заказчикам научно обоснованные прогнозы солнечной и геомагнитной активности на мировом уровне точности, имеет лицензию Госкорпорации “Роскосмос” на проведение работ по указанному направлению № 1099К от 20 апреля 2009 г. (бессрочно). В настоящее время к работе Центра прогнозов космической погоды привлечены 15 научных сотрудников и инженеров ИЗМИРАН, которые являются специалистами

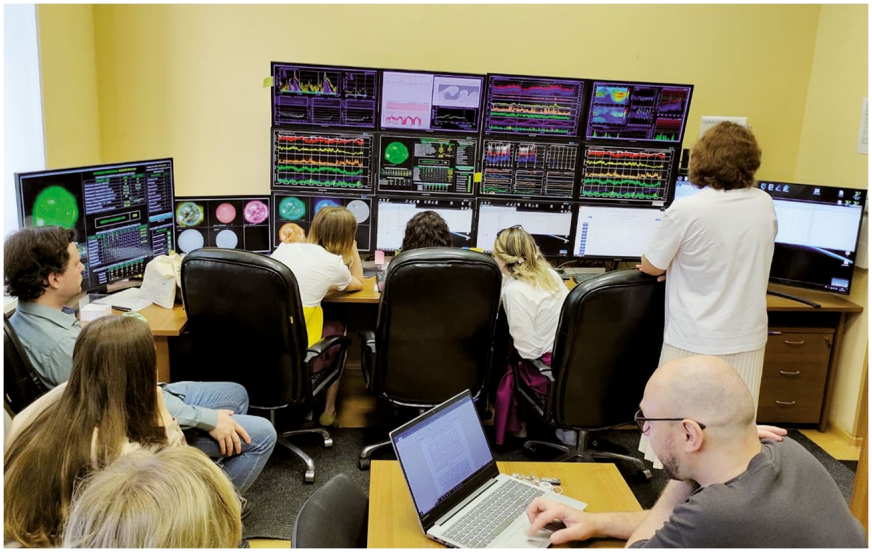


Рис. 2. Общий вид рабочего места специалистов Центра прогнозов космической погоды ИЗМИРАН

Fig. 2. General view of the workplace of specialists at the IZMIRAN Space Weather Prediction Center

в области солнечной физики, солнечно-земных связей, ионосферы, магнитосферы Земли и физики космических лучей.

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СЕТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Первое. Несмотря на то, что у Российской Федерации достаточно наземных обсерваторий, позволяющих осуществлять мониторинг различных параметров космической погоды, назвать их совокупность именно “сетью” нельзя. Перечисленные наземные детекторы не связаны в единую структуру, данные большинства обсерваторий закрыты для использования даже внутри ведомства. Исключение составляет только уникальная научная установка “Сеть СКЛ”. Очевидно, что необходимо создать распределённую сеть (кластер), где будет храниться вся имеющаяся информация по гелиогеофизической обстановке.

Второе. Оборудование (инструменты) и здания обсерваторий имеют очень высокую степень изношенности, так как создавались преимущественно в середине прошлого века. Материально-техническое оснащение обсерваторий требует глубокой модернизации, а большинство зданий и помещений – срочного капитального ремонта.

Третье. Ощущается острый дефицит инженерно-технических кадров соответствующего профиля, что обусловлено низкой оплатой их труда. Данные должности не попадают в разряд научных сотрудников и на них не распространяется Указ Президента РФ от 07.05.2012 № 597 (о повышении к 2018 г. средней заработной платы до 200% от средней заработной платы в соответствующем регионе), целевое бюджетное финансирование распространяется исключительно на категорию “научные сотрудники”. Заведующие отделами и лабораториями, техники, программисты и лаборанты выпадают из действия указа, что губительно влияет как на преемственность, так и на развитие существующей экспериментальной базы институтов и лабораторий.

Четвёртое. Практически не выделяются целевые средства на поддержание уже существующих систем, например УНУ “Сеть СКЛ”, которая была организована в 2015 г.; с момента создания её финансирование осуществлялось только в 2016 г.

Пятое. Есть риск закрытия ключевых точек наблюдений либо прекращения отдельных наблюдений в обсерваториях вследствие недофинансирования и нехватки квалифицированных кадров.

Следует иметь в виду, что организации, подведомственные Минобрнауки России, располагают большим заделом и опытом прогнозирования космической погоды, а также практического использования прогнозов. Об этом свидетельствуют заключённые контракты с различными ведомствами, а также с предприятиями Госкорпорации “Роскосмос”. Кроме того, Российская Федерация имеет конкурентное преимущество при осуществлении мониторинга параметров космической погоды благодаря разнесённым по одиннадцати часовым поясам гелиогеофизическим обсерваториям и институтам. Однако имея в виду отсутствие должного финансирования на обновление материально-технической базы, капитальный ремонт зданий и помещений, заработную плату инженерно-технического персонала, в скором времени Российская Федерация может лишиться ряда наблюдательных пунктов гелиогеофизической обстановки, утратив имеющееся конкурентное преимущество.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Cade W.B., Chan-Park C. The Origin of “Space Weather”. *Space Weather*. 2015, vol. 13, iss. 2, pp. 99–103.
2. Gaidash S.P., Belov A.V., Abunina M.A., Abunin A.A. Space Weather Forecasting at IZMIRAN. *Geomagnetism and Aeronomy*. 2017, vol. 57, iss. 7, pp. 869–876.
3. Шубин В.Н., Деминов М.Г. Глобальная динамическая модель критической частоты F2-слоя ионосферы. *Геомагнетизм и аэрономия*. 2019. Т. 59. № 4. С. 461–473.

   [Shubin V.N., Deminov M.G. Global dynamic model of the critical frequency of the F2-layer of the ionosphere. *Geomagnetism and Aeronomy*. 2019, vol. 59, no. 4, pp. 461–473. (In Russ.)]
4. Деминов М.Г., Шубин В.Н., Бадин В.И. Модель критической частоты E-слоя для авроральной области. *Геомагнетизм и аэрономия*. 2021. Т. 61. № 5. С. 610–617.

   [Deminov M.G., Shubin V.N., Badin V.I. Model of the critical frequency of the E-layer for the auroral region. *Geomagnetism and Aeronomy*. 2021, vol. 61, no. 5, pp. 610–617. (In Russ.)]
5. Крашенинников И.В., Шубин В.Н. Особенности прогнозирования работы ионосферных радиолиний на верхнелучевых модах. *Геомагнетизм и аэрономия*. 2023. Т. 63. № 4. С. 473–480.

   [Krasheninnikov I.V., Shubin V.N. Features of forecasting the operation of ionospheric radio lines on upper-beam modes. *Geomagnetism and Aeronomy*. 2023, vol. 63, no. 4, pp. 473–480. (In Russ.)]
6. Обридко В.Н., Наговицын Ю.А. *Солнечная активность, цикличность и метод прогноза*. СПб: Изд-во ВВМ, 2017.

   [Obridko V.N., Nagovitsyn Yu.A. *Solar activity, cyclicity and forecast method*. St. Petersburg: VVM Publishing House, 2017. (In Russ.)]
7. Жеребцов Г.А. Комплекс гелиогеофизических инструментов нового поколения. *Солнечно-земная физика*. 2020. Т. 6. № 2. С. 6–18.

   [Zherebtsov G.A. A new-generation complex of heliogeophysical instruments. *Solar-Terrestrial Physics*. 2020, vol. 6, no. 2, pp. 6–18. (In Russ.)]

С КАФЕДРЫ ПРЕЗИДИУМА РАН
FROM THE ROSTRUM OF THE RAS PRESIDIUM

DOI: 10.7868/S3034520026110040 Оригинальная статья

НАГРЕВНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ И ГЕЛИОГЕОФИЗИКА

А.В. Шиндин*

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (Научно-исследовательский радиофизический институт), 603022, Нижний Новгород, Российская Федерация
**E-mail: shindin@rf.unn.ru*

Аннотация. В статье подробно рассматривается фундаментальная роль и современное состояние нагревных стендов – уникальных научных установок для направленного исследования ионосферы мощными радиоволнами. Особое внимание уделено российскому среднеширотному стенду “СУРА”, созданному в НИРФИ, его ключевым техническим характеристикам и этапам модернизации. Описаны перспективы проведения комплексных нагревных экспериментов с использованием запущенной в 2024–2025 гг. низкоорбитальной спутниковой группировки “Ионосфера-М”. Подчёркнута острая необходимость скорейшей разработки масштабной научной программы и целевого финансирования, чтобы максимально реализовать потенциал наземно-космических исследований в ближайшие годы. Освещаются важнейшие достижения НИРФИ в области передового научного приборостроения, включая разработку сверхчувствительных индукционных магнитометров и быстрых ионозондов “ИОН-ФАСТ”. Автор отмечает стратегическую значимость сохранения сети радиофизических полигонов.

Ключевые слова: нагревный стенд, “Ионосфера-М”, цифровой ионозонд, индукционный магнитометр, совместные измерения, импортозамещение, межведомственная координация

Финансирование. Статья подготовлена без дополнительного финансирования.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Ссылка для цитирования: Шиндин А.В. Нагревные эксперименты и гелиогеофизика. *Вестник РАН / Herald of the Russian Academy of Sciences.* 2026. Том 96. № 11. С. 957–965. https://doi.org/10.7868/S3034520026110040

Поступила в редакцию 24.07.2026
После доработки 24.07.2026
Принята к публикации 05.08.2026



ШИНДИН Алексей Владимирович – кандидат физико-математических наук, директор НИРФИ ННГУ им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: shindin@rf.unn.ru, https://orcid.org/0000-0003-1242-5666.

© Шиндин А.В., 2026

С КАФЕДРЫ ПРЕЗИДИУМА РАН
FROM THE ROSTRUM OF THE RAS PRESIDIUM

DOI: 10.7868/S3034520026110040 Original article

HEATING EXPERIMENTS AND HELIOGEOPHYSICS

A.V. Shindin*

National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (Radiophysical Research Institute), 603022, Nizhny Novgorod, Russian Federation
**E-mail: shindin@rf.unn.ru*

Abstract. The article details the fundamental role and current state of heating facilities – unique scientific installations designed for targeted ionospheric research using high-power radio waves. Particular attention is paid to the Russian mid-latitude SURA facility, developed at NIRFI, along with its key technical characteristics and stages of modernization. The prospects for conducting comprehensive heating experiments utilizing the "Ionosfera-M" low-Earth-orbit satellite constellation, launched in 2024–2025, are outlined. The urgent need for the rapid development of a large-scale scientific program and targeted funding to maximize the potential of joint ground-space research over the next eight years is emphasized. Additionally, NIRFI's major achievements in advanced scientific instrumentation are highlighted, including the creation of ultrasensitive induction magnetometers and the fast "ION-FAST" ionosondes addressing crucial import-substitution challenges. The strategic significance of preserving the network of radiophysical testing sites is also discussed. Finally, the article calls for active interagency cooperation to achieve a major qualitative breakthrough in Russian helio-geophysics.

Keywords: heating facility, Ionosfera-M, digital ionosonde, induction magnetometer, synchronous measurements, import substitution, interdepartmental coordination

Funding. This article was prepared without additional funding.

Conflict of interest. The author declares no conflicts of interest.

For citation: Shindin A.V. Heating experiments and heliogeophysics. *Vestnik Rossijskoj Akademii Nauk / Herald of the Russian Academy of Sciences.* 2026, vol. 96, no. 11, pp. 957–965. (In Russ.) https://doi.org/10.7868/S3034520026110040

Received July 24, 2026
Revised July 24, 2026
Accepted August 05, 2026

SHINDIN Alexey V. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Director of the Research Institute of Radiophysics of the Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: shindin@rf.unn.ru, https://orcid.org/0000-0003-1242-5666.

© Shindin A.V., 2026

Нагревные стенды – это жаргонное название уникальных масштабных научных установок, предназначенных для исследования ближнего космического пространства путём воздействия на него мощными радиоволнами декаметрового (ДКМВ) диапазона (обычно 3–10 МГц). Энергия такого воздействия сосредотачивается в основном в области ионизированной оболочки Земли – ионосферы, формируемой Солнцем и геомагнитным полем, и проявляется во множестве различных эффектов, один из которых – повышение температуры электронов и ионов. Отсюда и название – "нагревные стенды". Ионосфера выделяется среди других оболочек Земли тем, что именно она определяет возможность загоризонтной радиосвязи и радиолокации, а также сильно влияет на спутниковую связь. Нагревные стенды позволяют решать задачи как гелиогеофизики, так и прикладные, связанные с радиосвязью, радиолокацией, в основном сосредоточенные вокруг создания методик формирования контролируемых возмущений в ионосфере [1].

ДЕЙСТВУЮЩИЕ НАГРЕВНЫЕ СТЕНДЫ

История нагревных стендов начинается с 60-х годов XX в. Общее количество когда-либо действовавших стендов исчисляется не одним десятком, но до наших дней сохранились три: HAARP (США, штат Аляска) [2], EISCAT (ЕС, Норвегия, Тромсё) [3] и СУРА (Россия, Нижегородская область) [4]. Географическое расположение – важнейшая характеристика нагревного стенда. Она во многом определяет физические эффекты, возникающие при воздействии стенда на ионосферу Земли. Стенды HAARP и EISCAT размещены в авроральном овале (зона полярных сияний), который отличается высокими геомагнитной активностью и вероятностью высыпаний энергичных частиц из радиационных поясов Земли, в то время как стенд СУРА находится в средних широтах, что позволяет более эффективно работать в условиях низких и умеренных геомагнитных возмущений, то есть в более стабильных условиях. Это свойство определяет прикладную значимость решаемых на стенде СУРА задач. Нишу "экваториальных" (условно) нагревных стендов ещё недавно занимала установка в обсерватории Аресибо (Пуэрто-Рико, США) [5], но, к сожалению, она разрушилась в 2020 г. и была закрыта.

Все три действующих нагревных стенда имеют схожую компоновку: большая антенная решётка (характерный размер – сотни метров), массив ДКМВ передатчиков, системы управления, фазирования и электропитания. В отличие от широковещательных ДКМВ станций сравнимой мощности, излучение нагревных стендов сосредоточено в одном выделенном направлении (центральный луч диаграммы направленности), что достигается благодаря использованию больших антенных систем. Например, антенная система стенда HAARP состоит из массива 12×15 (180) скрещенных диполей (традиционный вид антенного элемента нагревных стендов). Основной антенный массив стенда EISCAT – это 12×12 (144) диполей. Аналогичным количеством антенных элементов располагает и стенд СУРА. Номинальная мощность трёх действующих нагревных стендов – 3.6, 1.2 и 0.75 МВт для HAARP, EISCAT и СУРА соответственно. Системы фазирования стендов обеспечивают возможность наклона центрального луча диаграммы направленности на определённый угол от вертикального (основного) направления. По этому показателю выделяется стенд СУРА, который позволяет наклонять луч воздействия на 40° к вертикали (для EISCAT и HAARP – 30°).

Нельзя не отметить возможность стендов СУРА и EISCAT работать на приём, то есть в качестве коротковолнового телескопа. Причём для стенда СУРА это стандартный режим, требующий минимальных переключений и настройки. К несомненным достоинствам российского нагревного стенда необходимо отнести то, что он был создан в 1981 г. в Научно-исследовательском радиофизическом институте (НИРФИ; в 2026 г. отмечается 45-летие стенда СУРА и 70-летие института) как комплекс из передовых и высококлассных, но серийных радиопередатчиков ПКВ-250 (производство НПО им. Коминтерна) и уникальной фазированной антенной решётки. "Серийность" передатчика во многом обеспечила долгий срок жизни стенда и его выживание в 1990-х годах благодаря накопленным запасам комплектующих, многие из которых доступны для покупки и в настоящее время, а для остальных найдены эквивалентные замены.

Нагревные стенды как инструмент воздействия на околоземное космическое пространство в научных целях всегда используются в связке с диагностической аппаратурой, включающей в себя различные приёмники, датчики, радары и ионозонды. Важно, что это оборудование не обязательно должно быть расположено рядом со стендом. Напротив, часто требуется значительное его удаление, например, для исследований влияния возмущений на дальнее распространение радиоволн. Для ряда важнейших геофизических задач необходимо размещать аппаратуру на космических аппаратах. Отсюда следует, что в широком смысле нагревный стенд представляет собой совокупность из инструмента воздействия на ионосферу и набора локального и удалённого диагностического оборудования, формирующего диагностический комплекс. В области развития диагностического комплекса российские научные организации, в том числе НИРФИ, традиционно занимают лидирующие позиции, что подтверждает неоднократное участие наших исследователей в нагревных экспериментах на зарубежных стендах HAARP, EISCAT и Аресибо. На рисунке 1 представлены изображения антенных систем действующих нагревных стендов.

БУДУЩЕЕ НАГРЕВНЫХ СТЕНДОВ: СТЕНДЫ СУРА И ИКАР-АИ

В 2020 г. ННГУ им. Н.И. Лобачевского выиграл грант в форме субсидии в рамках федеральной целевой программы "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2021 годы". В ходе выполнения гранта в короткий срок удалось значительно обновить инфраструктуру нагревного стенда СУРА, произвести его модернизацию, ввести в строй

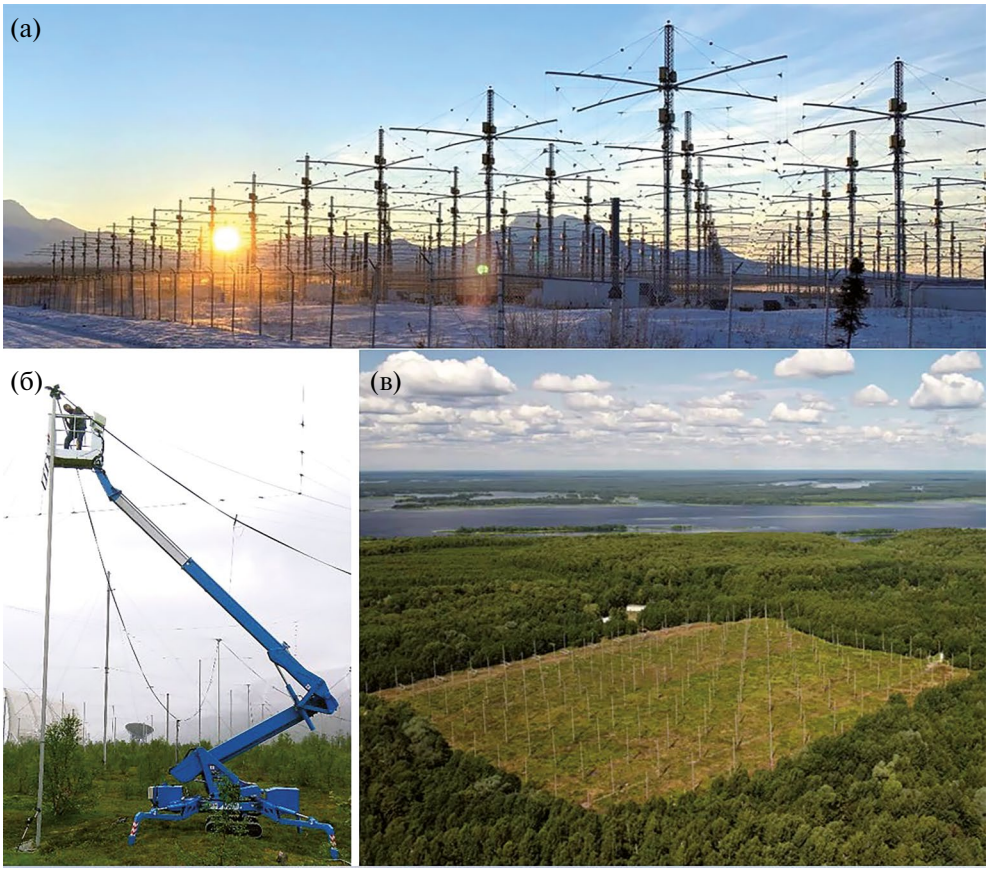


Рис. 1. Антенные системы действующих нагревных стендов: HAARP (панель *а*), EISCAT (панель *б*) и СУРА (панель *в*)

Fig. 1. Antenna systems of operating heating facilities: HAARP (panel *а*), EISCAT (panel *б*) and SURA (panel *в*)

новые диагностические средства. Эти работы были бы невозможны без поддержки руководства и коллектива Института прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова РАН. В итоге технические характеристики были возвращены к исходным показателям, заложен прочный фундамент для непрерывной эксплуатации стенда на многие годы вперёд. С 2021 г. поддержание работоспособности стенда СУРА осуществляется исключительно за счёт собственных средств ННГУ и накладных расходов выполняемых научных тем приблизительно в соотношении 75 к 25%. Целевые субсидии на модернизацию уникальной научной установки с 2021 г. не выделялись. Постепенная модернизация стенда СУРА осуществляется силами коллектива НИРФИ.

Основные направления модернизации стенда СУРА предполагают: автоматизацию процессов настройки передатчиков, контроля за выходной мощностью и фазой, изменения направления излучения, сбора экспериментальных данных с разнесённых приёмных пунктов; создание системы объективного контроля за состоянием антенного полотна и диаграммой направленности фазированной антенной решётки; расширение рабочего диапазона частот до средних волн за счёт монтажа дополнительных антенных систем и радиопередающих средств [6].

Запланированное строительство вблизи Иркутска ещё одного нагревного стенда – ИКАР-АИ [7] – значительно усилит потенциал Российской Федерации в области исследования околоземного космического пространства и развития средств связи. Крайне перспективной видится возможность совместных нагревных экспериментов на двух среднеширотных стендах. Расстояние между стендами составит примерно 3700 км, что позволит эффективно отрабатывать методики использования ионосферного волноводного канала дальнего распространения радиоволн и бистатической локации космических объектов.

КОМПЛЕКСНЫЕ НАГРЕВНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Запуск четырёх космических аппаратов “Ионосфера-М” в 2024–2025 гг. [8] благодаря уникальной бортовой аппаратуре открыл возможность постановки нового класса совместных с нагревным стендом СУРА экспериментов. Приборы НВК-2 (низкочастотный волновой комплекс из электрического и магнитного датчиков), “Маяк” (двухчастотный когерентный

радиопередатчик) и ЛАЭРТ (ионозонд) уже были использованы в ходе экспериментальных кампаний на стенде СУРА в 2025–2026 гг., полученные результаты направлены для публикации в международные высокорейтинговые журналы. Нельзя не отметить сохраняющуюся возможность использования в нагревных экспериментах космической группировки SWARM Европейского космического агентства [10], миссию которой продлили как минимум до 2028 г.

Суть комплексных нагревных экспериментов состоит в том, чтобы получить максимально полную картину эффектов активного воздействия мощного коротковолнового (КВ) и сверхдлинноволнового (СДВ) радиоизлучения с ионосферой и магнитосферой за счёт распределённой сети приёмных пунктов, пунктов активной радиодиагностики наземного и космического базирования (рис. 2). Среди эффектов, которые активно исследуются в ходе подобных экспериментов, следует упомянуть: эффекты создания в ионосфере неоднородностей различных масштабов, каналирования низкочастотных и очень низкочастотных радиоволн, запитки ионосферного волноводного канала, искусственное свечение ионосферы, искусственное радиоизлучение ионосферы, ракурсное рассеяние радиоволн от вытянутых вдоль геомагнитного поля ионосферных неоднородностей, эффекты высыпания энергичных частиц из радиационных поясов [10] и др. При этом используются следующие методы и методики исследования: регистрация излучения в радио- и оптическом диапазонах, разнесённый приём излучения, спутниковая радиотомография, активная волновая диагностика (например, метод искусственных периодических неоднородностей), вертикальное и наклонное зондирование ионосферы.

Для полноценных научных исследований требуется много экспериментальных данных, собранных в различных геофизических условиях. Первые результаты совместных с группировкой “Ионосфера-М” нагревных экспериментов вселяют надежду, что за срок службы космических аппаратов (8 лет) будет получена масса новых, в том числе прорывных научных результатов. Однако необходимо отметить, что потенциал комплексных нагревных экспериментов раскрыт далеко не полностью. Стенд СУРА может эксплуатироваться девять месяцев в году (с марта по ноябрь). Простые оценки показывают, что за это время происходят более 100 удачных сопряжений с группировкой “Ионосфера-М”. Однако, например, в период с середины 2025 г. по середину 2026 г. были эффективно использованы лишь примерно 20 таких сопряжений. Ограничивающий фактор здесь – возможности ННГУ финансировать дополнительные экспериментальные работы на стенде СУРА, за рамками плановых исследований. НИРФИ обращает внимание РАН на данную проблему и призывает в срочном порядке сформировать научную программу (и организовать её финансирование) комплексных нагревных экспериментов на восемь лет с максимальным использованием стенда СУРА, группировки “Ионосфера-М”, СДВ-радиостанций, комплексов наземной диагностической аппаратуры всех заинтересованных организаций.

ПЕРЕДОВОЕ НАУЧНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ В НИРФИ

Современный НИРФИ сохранил компетенции в области научного приборостроения. Высокий класс создаваемых геофизических приборов подтверждается тем, что в состав прибора НВК-2 космических аппаратов “Ионосфера-М” входит индукционный магнитный датчик МД, разработанный и созданный в НИРФИ (рис. 3) [11]. Для проекта “Резонанс” НИРФИ в настоящее время разрабатывает два прибора: трёхкомпонентный магнитный датчик МД-С и блок рамочных антенн РЗ на диапазон 10 кГц – 10 МГц [12]. В институте создана линейка широкополосных высокочувствительных индукционных магнитометров на магнитопроводах из нанокристаллического сплава [13], покрывающих диапазон частот от 0.1 мГц до

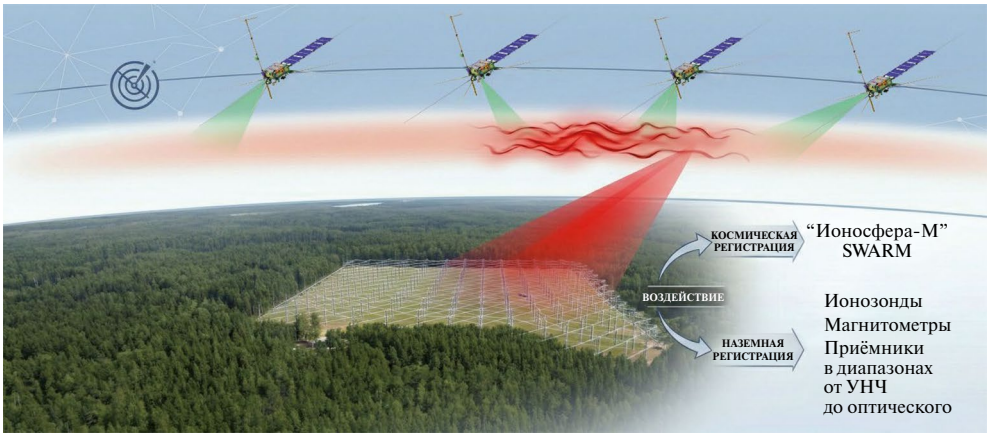


Рис. 2. Схематичное изображение комплексного нагревного эксперимента с задействованием низкоорбитальной спутниковой группировки “Ионосфера-М”

Fig. 2. Schematic representation of a complex heating experiment using the “Ionosfera-M” low-orbit satellite constellation

40 кГц с длиной сердечника от 40 см до 2 м. Активно ведутся работы по формированию универсальной системы сбора данных. Эта аппаратура широко применяется для решения задач магнитотеллурического зондирования и обсерваторских наблюдений вариаций геомагнитного поля.

Другим направлением деятельности НИРФИ в области приборостроения является разработка и создание ионозондов. Предсерийный образец предложенного в 2021 г. ионозонда вертикального зондирования “ИОН-ФАСТ” [14, 15] в 2026 г. успешно прошёл ресурсные испытания на стенде СУРА. Ключевые особенности этого ионозонда – высокая скорость действия (время регистрации ионограммы – 0.9 с) и возможность функционирования (регистрации ионограмм) в условиях работы стенда СУРА, когда обычные ионозонды “слепнут”. Указанные особенности определяются задачей, для решения которой был создан “ИОН-ФАСТ”: речь идёт о регистрации быстрых движений в ионосфере в условиях мощного воздействия на неё излучением нагревного стенда. При поддержке индустриального партнёра (НПП “Прима”, Нижний Новгород) НИРФИ способен производить до 20 ионозондов “ИОН-ФАСТ” в год. Благодаря этому в короткий срок может быть решена проблема импортозамещения ионозондов иностранного производства, действующих на сетях Росгидромета, для мониторинга геофизической обстановки.

В разработке также находятся ионозонд наклонного зондирования (ЛЧМ-ионозонд) с расширенным диапазоном рабочих частот (1–54 МГц) для задач контроля за распространением коротких радиоволн, исследования эффекта ракурсного рассеяния радиоволн и двухчастотный приёмник сигналов прибора “Маяк” для задачи низкоорбитальной радиотомографии электронной плотности в ионосфере.

РАДИОФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛИГОНЫ: ТЯЖЁЛОЕ БРЕМЯ ИЛИ СКРЫТЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

НИРФИ с момента его возвращения под крыло ННГУ в 2016 г. удалось сохранить все семь радиофизических полигонов. Центральное место среди них занимает экспериментально-опытная база “Васильсурск”, на которой размещён нагревный стенд СУРА. Четыре полигона-сателлита расположены в Нижегородской области в 30–170 км от базы “Васильсурск”. На полигонах-сателлитах размещено приёмное оборудование для пространственно разнесённой регистрации сигналов в целях определения характеристик искусственной ионосферной турбулентности. Кроме того, полигоны используются для проведения испытаний изготавливаемого в НИРФИ научного оборудования. Ещё два полигона расположены в Республике Карелия на берегу Ладожского озера и в Республике Крым, в районе горного хребта Кара-Даг. Для нагревных экспериментов на дальних полигонах устанавливаются

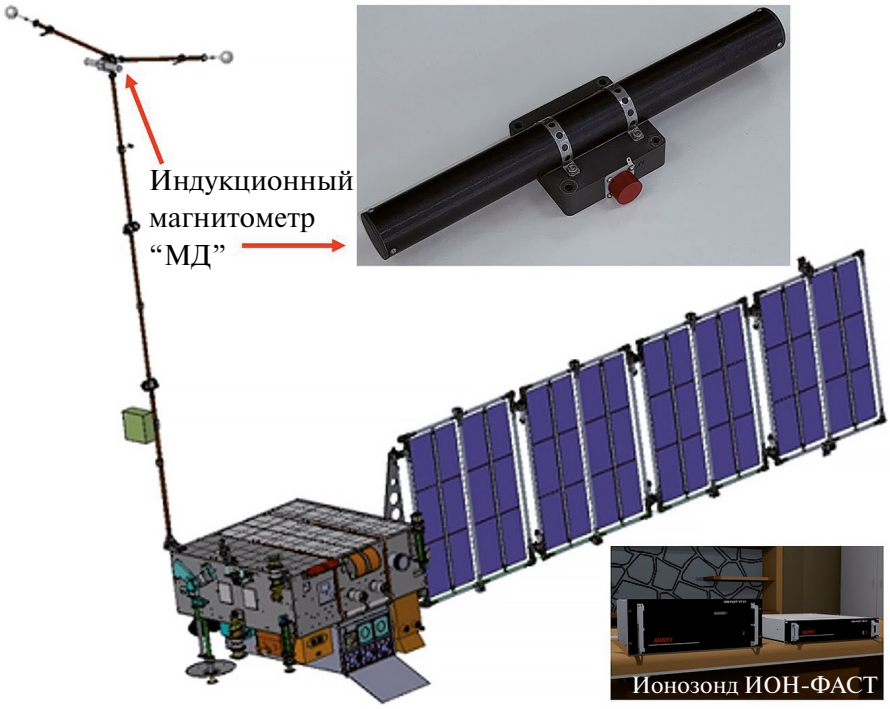


Рис. 3. Примеры научных приборов, разработанных в НИРФИ: индукционный магнитометр МД (верхняя часть рисунка на фоне изображения низкоорбитального космического аппарата “Ионосфера-М”) и ионозонд вертикального зондирования ИОН-ФАСТ (нижняя часть рисунка)

Fig. 3. Examples of scientific instruments developed at RFI: the MD induction magnetometer (upper part of the figure against the background of an image of a low-orbit spacecraft “Ionosfera-M”) and the ION-FAST vertical sounding ionosonde (lower part of the figure)



Рис. 4. Карта коротковолновых радиотрасс, задействующих радиофизические полигоны НИРФИ и его партнёров

Fig. 4. Map of shortwave radio paths using radiophysical sites of NIRFI and its partners

ионозонды наклонного зондирования, что позволяет изучать влияние нагревного стенда на коротковолновые радиолинии (рис. 4). Необходимо отметить, что партнёры НИРФИ – Казанский (Приволжский) федеральный университет, ИЗМИРАН, Полярный геофизический институт – предоставляют институту возможность размещать на территории своих полигонов его оборудование. Кооперация значительно повышает эффективность исследований дальнего распространения радиоволн.

Финансовое обеспечение радиофизических полигонов даже с минимальной инфраструктурой – тяжёлое бремя для бюджетной образовательной организации. По нашим оценкам, чтобы выйти на обеспечение полигонов исключительно за счёт накладных расходов, объём финансируемых научных исследований НИРФИ должен быть на уровне 300 млн руб. в год, а это более чем в 4 раза больше по сравнению с итоговыми финансовыми показателями 2025 г. Однако при развитии кооперации (в том числе межведомственной) и сетей мониторинга очевидна необходимость сохранения и развития полигонной сети, в том числе за счёт создания мобильных приёмных пунктов.

* * *

Опыт НИРФИ в организации нагревных экспериментальных кампаний – пример развития в условиях недофинансирования. Внутренние резервы института, сохранённый высококлассный коллектив и талантливая молодёжь позволили найти и использовать точки роста. В настоящее время это нагревные эксперименты и научное приборостроение. Успех группировки "Ионосфера-М" должен стать объединяющим началом, инициировать новые научные проекты с целевым финансированием, способствовать развитию, модернизации и объединению наземных сетей геофизического мониторинга, межведомственной кооперации, включая Минобрнауки России, Роскосмос, Росгидромет, Минобороны, а также импортозамещению научного оборудования. Это обеспечило бы мощный рывок в развитии гелиогеофизики в России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Blaunstein N., Plohotniuc E. *Ionosphere and Applied Aspects of Radio Communication and Radar*. Boca Raton: CRC Press, 2008. DOI: 10.1201/9781420055177.
2. HAARP (научно-исследовательский проект, Аляска). *Википедия: свободная энциклопедия*. https://ru.wikipedia.org/wiki/HAARP (дата обращения 24.07.2026).

   [HAARP (High Altitude Area Research Project, Alaska). Wikipedia: The Free Encyclopedia. https://ru.wikipedia.org/wiki/HAARP (accessed July 24, 2026). (In Russ.)]
3. EISCAT Scientific Association. Kiruna, Sweden. https://eiscat.se (accessed July 24, 2026).
4. Шиндин А.В. Нагревный стенд СУРА в 2022 году: итоги модернизации и новые перспективы. *Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн*. Материалы Всероссийской открытой научной конференции "Всероссийские открытые Армандовские чтения" (Муром, 24–26 мая 2022 г.). Муром: Муромский институт (филиал) ВлГУ, 2022. С. 21–26. DOI: 10.24412/2304-0297-2022-1-21-26.

   [Shindin A.V. The SURA Heating Facility in 2022: Modernization Results and New Prospects. *Current Problems of Remote Sensing, Radar, Wave Propagation and Diffraction*. Proceedings of the All-Russian Open Scientific Conference "All-Russian Open Armandov Readings" (Murom, May 24–26, 2022). Murom: Murom Institute (branch) of VlSU, 2022. Pp. 21–26. DOI: 10.24412/2304-0297-2022-1-21-26. (In Russ.)]
5. Понятов А. Гибель легендарного телескопа. *Наука и жизнь*. 2020. № 12. С. 51–52.

   [Ponyatov A. The Death of a Legendary Telescope. *Nauka I Zhizn*. 2020, no. 12, pp. 51–52. (In Russ.)]
6. Шиндин А.В., Востоков А.В., Першин А.В. и др. Проект комплексной модернизации УНУ СУРА как нагревного стенда и диагностического комплекса. *Распространение радиоволн: труды XXIX Всероссийской открытой научной конференции* (Казань, 30 июня – 4 июля 2025 г.). Казань: Издательство Казанского университета, 2025. С. 60–62. https://kpfu.ru/portal/docs/F2003076725/60_62.pdf (дата обращения 24.07.2026). DOI: 10.26907/rwp29.2025.60-62

   [Shindin A.V., Vostokov A.V., Pershin A.V., et al. Project for the comprehensive modernization of the SURA nuclear research facility as a heating facility and diagnostic complex. *Radio Wave Propagation: Proceedings of the XXIX All-Russian Open Scientific Conference* (Kazan, June 30 – July 4, 2025). Kazan: Kazan University Publishing House, 2025. pp. 60–62. https://kpfu.ru/portal/docs/F2003076725/60_62.pdf (accessed July 24, 2026). DOI: 10.26907/rwp29.2025.60-62 (In Russ.)]
7. *ИСЗФ СО РАН получил положительное заключение Главгосэкспертизы на проект строительства нагревного стенда*. Иркутск: Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения РАН, 2024. https://iszf.irk.ru/news/iszf-so-ran-poluchil-polozhitelnoe-zaklyuchenie-glavgosekspertizy-na-proekt-stroitelstva-nagrevnogo-stenda/ (дата обращения 24.07.2026).

   [*ISTP SB RAS received a positive opinion from Glavgosexpertiza for the heating facility construction project.* Irkutsk: Institute of Solar-Terrestrial Physics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2024. https://iszf.irk.ru/news/iszf-so-ran-poluchil-pozhilnoe-zaklyuchenie-glavgosekspertizy-na-proekt-stroitelstva-nagrevnogo-stenda/ (accessed July 24, 2026). (In Russ.)]
8. *Завершились лётные испытания космической системы "Ионозонд" со спутниками "Ионосфера-М"*. М.: Институт космических исследований Российской академии наук, 2025. 15 декабря. https://iki.cosmos.ru/news/zavershilis-lyotnye-ispytaniya-kosmicheskoy-sistemy-ionozond-so-sputnikami-ionosfera-m (дата обращения: 24.07.2026).

   [*Flight tests of the Ionozond space system with the Ionosfera-M satellites have been completed*. Moscow: Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences, December 15, 2025. https://iki.cosmos.ru/news/zavershilis-lyotnye-ispytaniya-kosmicheskoy-sistemy-ionozond-so-sputnikami-ionosfera-m (accessed July 24, 2026). (In Russ.)]
9. Лукьянова Р.Ю. Характеристики продольных токов во время сильных магнитных бурь по данным спутников SWARM. *Космические исследования*. 2020. Т. 58. № 2. С. 89–102. DOI: 10.31857/S0023420620020077

   [Lukyanova R.Yu. Characteristics of Field-Field Currents during Strong Magnetic Storms Based on SWARM Satellite Data. *Space Research*. 2020, vol. 58, no. 2, pp. 89–102. DOI: 10.31857/S0023420620020077 (In Russ.)]
10. Грач С.М., Сергеев Е.Н., Мишин Е.В., Шиндин А.В. Динамические характеристики плазменной турбулентности в ионосфере, индуцированной мощным радиоизлучением коротковолнового диапазона. *Успехи физических наук*. 2016. Т. 186. № 11. С. 1189–1228. DOI: 10.3367/UFNr.2016.07.037868

    [Grach S.M., Sergeev E.N., Mishin E.V., Shindin A.V. Dynamic characteristics of plasma turbulence in the ionosphere induced by powerful shortwave radio emission. *Uspekhi Fizicheskikh Nauk* [Advances in Physical Sciences]. 2016, vol. 186, no. 11, pp. 1189–1228. DOI: 10.3367/UFNr.2016.07.037868 (In Russ.)]
11. *О задачах и научной аппаратуре гелиогеофизических спутников "Ионосфера-М"*. М.: Государственная корпорация по космической деятельности "Роскосмос", 2024, 2 ноября. https://www.roscosmos.ru/41020/ (дата обращения 24.07.2026).

[*On the tasks and scientific equipment of the Ionosphere-M heliogeophysical satellites*. Moscow: State Space Corporation Roscosmos, November 2, 2024. https://www.roscosmos.ru/41020/ (accessed July 24, 2026). (In Russ.)]

12. *Проект "Резонанс"* [состав комплекса научной аппаратуры]. Акционерное общество "Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина". https://www.laspace.ru/ru/activities/projects/resonance/ (дата обращения 24.07.2026).

[*Project "Resonance"* [composition of the scientific equipment complex]. Joint Stock Company "Research and Production Association named after S.A. Lavochkin". https://www.laspace.ru/ru/activities/projects/resonance/ (accessed 07.24.2026). (In Russ.)]

13. Поляков С.В., Резников Б.И., Щенников А.В., Копытенко Е.А. Линейка индукционных датчиков магнитного поля для геофизических исследований. *Сейсмические приборы*. 2016. Т. 52. № 1. С. 5–27.

[Polyakov S.V., Reznikov B.I., Shchennikov A.V., Kopytenko E.A. A series of induction magnetic field sensors for geophysical research. *Seismic instruments*. 2016, vol. 52, no. 1, pp. 5–27. (In Russ.)]

14. Shindin A.V., Moiseev S.P., Vybornov F.I., et al. The Prototype of a Fast Vertical Ionosonde Based on Modern Software-Defined Radio Devices. *Remote Sensing*. 2022, vol. 14, iss. 3, art. 547. https://www.mdpi.com/2072-4292/14/3/547 (accessed 24.07.2026). DOI: 10.3390/rs14030547

15. Moiseev S.P., Shindin A.V., Grekhneva K.K., Ryabova V.A. ION-FAST as the NIRFI's Ionospheric Diagnostic Platform. *Atmosphere*. 2024, vol. 15, iss. 2, art. 188. https://www.mdpi.com/2073-4433/15/2/188 (accessed 24.07.2026). DOI: 10.3390/atmos15020188

ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ORGANISATION OF RESEARCH ACTIVITY

DOI: 10.7868/S3034520026110057 Оригинальная статья

ОТ ПУБЛИКАЦИЙ К ДОЛГОСРОЧНОМУ ВКЛАДУ И КОМПЕТЕНЦИЯМ: РЕФОРМИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ УЧЁНЫХ ЗА РУБЕЖОМ

И.Г. Лакизо[1,2,*]

[1]Центр научно-технологического развития при Правительстве РФ, 127254, Москва, Российская Федерация
[2]Новосибирский национальный государственный университет, 630090, Новосибирск, Российская Федерация
**E-mail: 1440@list.ru*

Аннотация. Анализ межгосударственных инициатив, политических и нормативных документов по реформированию оценки научного персонала в зарубежных странах-лидерах научно-технологического развития позволил охарактеризовать тенденции в формировании критериальной базы оценки исследователей и профессорско-преподавательского состава. Для решения карьерных вопросов и распределения финансовой поддержки публикационная активность становится базовым требованием при обязательном учёте вклада, результатов и компетенций соискателей. Расширение критериальной базы происходит за счёт уточнения понятия научного результата, концептуализации современных подходов к производству научного знания, признания ролевого разнообразия профессии как фактора, обеспечивающего устойчивость системы производства знаний, учёта перспективных характеристик кадрового потенциала. Фокус смещается от оценки первичной результативности к результатам, оказывающим влияние на систему в средне- и долгосрочной перспективе. В зависимости от национальной стратегии развития НИОКТР, состояния рынка интеллектуального труда в той или иной стране акценты могут смещаться.

Ключевые слова: научные кадры, оценка научного персонала, критерии оценки персонала, реформа оценок в НИОКТР, аттестация сотрудников, оценка карьерного потенциала, финансовая поддержка учёных

Ссылка для цитирования: Лакизо И.Г. От публикаций к долгосрочному вкладу и компетенциям: реформирование оценки учёных за рубежом. *Вестник РАН / Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2026. Том 96. № 11. С. 966–978. https://doi.org/10.7868/S3034520026110057

Поступила в редакцию 27.04.2026
После доработки 06.05.2026
Принята к публикации 25.07.2026



ЛАКИЗО Ирина Геласиевна – кандидат педагогических наук, научный сотрудник Центра НТР при Правительстве РФ; доцент НГУ, e-mail: 1440@list.ru, https://orcid.org/0000-0003-2594-1475.

© Лакизо И.Г., 2026

ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ORGANISATION OF RESEARCH ACTIVITY

DOI: 10.7868/S3034520026110057 Original article

FROM PUBLICATIONS TO LONG-TERM CONTRIBUTIONS AND COMPETENCIES: RESEARCHER ASSESSMENT REFORMING ABROAD

I.G. Lakizo[1,2,*]

[1]Center for Scientific and Technological Development under the Government of the Russian Federation, 127254, Moscow, Russian Federation
[2]Novosibirsk National State University, 630090, Novosibirsk, Russian Federation
**E-mail: 1440@list.ru*

Abstract. An analysis of intergovernmental initiatives, policies, and regulatory documents from leading scientific and technological countries to reform the evaluation of scientific personnel has allowed us to characterize trends in the development of criteria for evaluating researchers and faculty. When deciding career decisions and distributing financial support, publication activity is becoming a basic requirement, with mandatory consideration of the contribution, results, and competencies of applicants. The criteria base is being expanded by clarifying the concept of scientific output, conceptualizing modern approaches to the production of scientific knowledge, recognizing the role diversity of the profession as a factor ensuring the sustainability of the knowledge production system, and considering the prospective characteristics of human resources. The focus is shifting from assessing primary performance to results that impact the system in the medium and long term. Depending on the national R&D development strategy and the state of the intellectual labor market in a given country, the emphasis may shift.

Keywords: scientific personnel, evaluation of scientific personnel, criteria for personnel evaluation, reform of evaluations in R&D, employee certification, assessment of career potential, financial support for scientists

For citation: Lakizo I.G. From publications to long-term contributions and competencies: researcher assessment reforming abroad. *Vestnik Rossijskoj Akademii Nauk / Herald of the Russian Academy of Sciences.* 2026, vol. 96, no. 11, pp. 966–978. (In Russ.) https://doi.org/10.7868/S3034520026110057

Received April 27, 2026
Revised May 06, 2026
Accepted July 25, 2026

LAKIZO Irina G. – candidate of pedagogical sciences, Researcher, Center for Scientific and Technological Development under the Government of the Russian Federation; Associate professor, Novosibirsk National Research State University, e-mail: 1440@list.ru, https://orcid.org/0000-0003-2594-1475.

© Lakizo I.G., 2026

Эффективное использование человеческого капитала в научно-технической сфере – актуальная проблема. Правительства разных стран принимают программы развития кадрового потенциала. Оценка научных работников составляет основу для реализации различных механизмов выявления, отбора и поддержки сотрудников, способных максимально эффективно выполнять трудовые функции по занимаемой должности.

Изменение критериев оценки и их веса приводит к изменению свойств кадрового потенциала в науке. Публикационная активность была основным критерием при аттестации учёных уже в 1920-х годах [1, с. 313], но только с конца XX в., после придания этому критерию исключительного веса при оценке результативности организаций (в том числе выполнении работ по государственному заказу и грантам) и, как следствие, при решении широкого круга карьерных вопросов обнаружилось множество нежелательных эффектов такого подхода [2, 3].

Первыми общественными инициативами, которые подвели некоторый итог дискуссиям о ненадлежащем применении критериев публикационной активности при оценке учёных, стали Сан-Францисская декларация DORA (Declaration on Research Assessment) (2013), и Лейденский манифест (2015). Однако, несмотря на широкое признание справедливости положений этих актов, альтернативы количественным критериям долгое время отсутствовали. В США организации, присоединившиеся к DORA, продолжают использовать импакт-фактор при решении кадровых вопросов [4]. Практические подходы по внедрению альтернативных критериев были обнародованы рядом стран БРИКС и Европы в начале 20-х годов XXI в. К этому времени сложились следующие предпосылки снижения значимости публикационной активности и расширения круга критериев оценки учёных:

• обострение дискуссий о социальной ответственности науки в период пандемии. Например, в Китае старт реформ по отказу от использования показателей Web of Science был дан после сокрытия до публикации статьи данных о путях заражения коронавирусом [5];

• признание ограничений неоменеджериалистских подходов к управлению научным процессом: результативность зависит не от регламента, учёта и оценки, а от качества исследовательских коллективов, организации исследований и морального климата [6, с. 20];

• приостановка открытого трансфера знаний в областях, имеющих значение для военной отрасли [7];

• возможность для стран, которые не инвестируют в собственные исследования, получать экономическую выгоду от внедрения опубликованных результатов, что делает инвестиции в исследования менее привлекательными [8];

• структурный дисбаланс на рынке интеллектуального труда и сложности межсекторальных переходов для исследователей, чей опыт ограничен подготовкой публикаций [9].

В странах с разным социально-экономическим укладом, находящихся на разных стадиях научно-технологического развития, были предприняты практические шаги по расширению критериев оценки учёных, снижению зависимости решений в кадровой сфере от показателей публикационной активности. Рассмотрение этих инициатив обеспечивает необходимую информацию для обоснования решений, связанных с формированием кадрового потенциала научно-технологической сферы в других странах.

В настоящей работе предложен обзор критериев оценки исследователей и преподавателей высшей школы, рекомендуемых межгосударственными инициативами и применяемых в зарубежных странах-лидерах по уровню развития науки. В последнее десятилетие (2016–2025), по данным ОЭСР [10], рейтингам ЮНЕСКО [11], сведениям международных библиографических баз данных, к числу стран-лидеров, входящих в первую десятку, отнесены: Австралия, Бразилия, Великобритания, Германия, Индия, Испания, Италия, Канада, Китай, Российская Федерация, США, Франция, Южная Корея, Япония. В июле–декабре 2025 г. проведено обследование сайтов государственных органов, ответственных за формирование и реализацию научной политики в перечисленных странах. Задача обследования – выявить ключевые нормативные акты и проекты, содержащие сведения об изменении подходов к оценке научного персонала в период 2020–2025 гг. Нижняя хронологическая граница обусловлена активизацией соответствующего дискурса в период пандемии.

Сведения об изменении критериев оценки учёных обнаружены в пяти странах-лидерах из Европы, Азии и Латинской Америки, в том числе в трёх странах БРИКС (табл. 1). Большинство стран-лидеров присоединились к Коалиции по реформированию оценок в науке (COARA)[1], одна из задач которой – реформа карьерных оценок учёных. Это дало основания рассмотреть случай Норвегии, выступающей методологическим донором для стран COARA. Описание национальных инициатив включает краткую характеристику задач научной кадровой политики, цели оценки персонала, группировку критериев. Выявление общего и особенного в подходах позволило показать специфику формирования критериальной базы в зависимости от особенностей научно-технологического развития конкретной страны.

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЕ ИНИЦИАТИВЫ ПО РЕФОРМИРОВАНИЮ ОЦЕНКИ УЧЁНЫХ

Межгосударственные инициативы в этой области затрагивают широкий круг методических вопросов: принципы, цели, подходы к оцениванию исследователей, критерии, показатели. Это основа для разработки национальных организационных процедур. У истоков ряда реформ стоят проекты, аффилированные с *Центром исследований и консультаций по вопросам карьеры Великобритании* (Careers Research and

[1] Из перечисленных стран-лидеров к коалиции не присоединились Китай, РФ, США, Южная Корея, Япония.

Таблица 1. Изменение критериев оценки учёных в 2020–2025 гг.
Table 1. Changes in the criteria for researcher assessment in 2020–2025

Страна	Ведомство, ответственное за оценку научного персонала	Формат оценки/нормативный акт
Великобритания	UK Research and Innovation (UKRI)	Résumé for Research and Innovation (R4RI) [12]
Индия	University Grants Commission (UGC)	Career Advancement Scheme (CAS)/ Minimum Qualifications for Appointment and Promotion of Teachers and Academic Staff in Universities and Colleges and Measures for the Maintenance of Standards in Higher Education [13]
Испания	Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA)	Объединение критериев sexenios de investigación* с критериями государственной аккредитации / Resolución de 5 de diciembre de 2023, de la Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora [14]
Китай	Министерство науки и технологий КНР (MOST)	GB/T 44143-2024 Specification for evaluation of science and technology talent [15]
Норвегия	Universities Norway (UHR)	NOR-CAM [16]
Бразилия	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação	Платформа BrCRIS [17]
	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)	Produtividade em Pesquisa – PQ [18]

* https://www.aneca.es/es/convocatoria-2023

Advisory Centre – CRAC): программа VITAE[2] и концепция развития исследователей (The Vitae Researcher Development Framework – RDF), проект OPUS и концепция оценки исследователей (Research Assessment Framework), рекомендации рабочей группы "Reforming Academic Career Assessment" CoARA. Другим центром международного влияния на научную политику является *ассоциация LERU*[3], штаб-квартира которой расположена в Лёвенском католическом университете (Бельгия). В Латинской Америке инициатором реформы оценки выступает Латиноамериканский форум по оценке научных исследований (FOLEC–CLACSO).

Самая популярная инициатива – *Соглашение о реформировании оценки научных исследований* (The Agreement on Reforming Research Assessment – ARRA) [19]. Для его реализации в 2022 г. создана упомянутая выше CoARA, объединившая 59 стран. Сфера действия ARRA включает исследовательские проекты, организации, а также исследователей и исследовательские группы как объекты оценки, проводимой исследовательскими, финансирующими и присуждающими премии организациями. ARRA провозгласила переход к признанию и оценке разнообразного вклада в науку – не только научных достижений, но и другой деятельности учёных, которая обеспечивает качество и влияние исследований:

• разнообразие практик (в том числе экспертная оценка, обучение, наставничество и руководство аспирантами, руководящие роли и, при необходимости, научное взаимодействие с обществом, предпринимательство, повышение ценности знаний и сотрудничество с промышленностью);

• разнообразие результатов (в том числе научные публикации, данные, программное обеспечение, модели, методы, теории, алгоритмы, протоколы, рабочие процессы, выставки, стратегии, вклад в политику);

• открытость сотрудничеству, обмен опытом и командная работа.

Рекомендовано признавать разнообразие типов исследований, учитывать дисциплинарную и междисциплинарную специфику. Особо отмечается, что исследователи не должны преуспевать во всех типах задач и могут самостоятельно выбирать свои цели.

Эти положения нашли отражение в *Рекомендациях Совета по европейской рамочной программе привлечения и удержания талантов в области исследований, инноваций и предпринимательства в Европе* (2023) [20, 9]. Речь идёт о том, что помимо результата, ценность имеют индивидуальный вклад и командная работа, нацеленность

[2] CRAC (Careers Research & Advisory Centre) – независимая организация, которая занимается поддержкой карьерного роста и активного обучения, связанного с карьерой. CRAC работает с людьми всех возрастов и в разных секторах. Организация зарегистрирована как благотворительная и существует с 1964 г. Vitae – программа, способствующая профессиональному, карьерному и личностному развитию исследователей, работающих в сфере высшего образования. Vitae считается мировым лидером в поддержке профессионального развития исследователей.

[3] The League of European Research Universities (LERU) – ассоциация 24 университетов из 12 европейских стран.

на междисциплинарность. Признано, что методика оценки должна быть дисциплинарно ориентированной и учитывать национальные условия. Помимо критериев, перечисленных в ARRA, рекомендовано учитывать при оценке в карьерных целях и в случае присуждения наград:

• виды деятельности (управление данными в соответствии с принципами FAIR, поддержка принятия решений на основе фактических данных);

• мобильность (географическую, межсекторальную, межинституциональную, меж- и трансдисциплинарную, а также виртуальную);

• соответствие стандартам этики и добросовестности при проведении исследований, внедрение передового опыта.

Комплексный набор показателей и метрик для оценки исследователей (с целью карьерного роста и подачи заявок на гранты) был разработан в рамках *проекта OPUS*[4], направленного на стимулирование открытой науки. Результатами проекта в 2025 г. стали структура оценки исследователей и исследовательских команд Researcher Assessment Framework (RAF) и основанная на ней матрица оценки карьерных перспектив в области открытой науки Open Science Career Assessment Matrix (OSCAM2). RAF основана на компетентностной модели Researcher Development Framework и включает широкий круг показателей, отражающих различные карьерные пути и функции исследователей [21]. OSCAM2 ограничена показателями, стимулирующими практики открытой науки [22]. В RAF виды деятельности сгруппированы по четырём категориям (рис. 1), причём показатели дифференцированы по этапам карьеры и стадиям деятельности (табл. 2), они должны быть простыми, ясными и оставлять пространство для их интерпретации [21].

В 2022 г. был обобщён опыт входящих в LERU университетов по реформированию университетских систем оценки учёных. Эксперименты с критериями оценки проводились с целью поощрения разнообразия вклада, каждый из которых необходим для общего успеха учреждения. Оценка охватывает прошлое (достижения в исследованиях, образовании, взаимодействии с обществом) и будущее (перспективы развития: лидерство, сотрудничество, инновации). Учитывается контекст – профессиональные и личные обстоятельства, в которых протекает деятельность сотрудника [23].

В области исследований ценится международный статус и учитываются:

• научные достижения и вклад в прогресс области (экспертные знания мирового уровня – a leading international expertise in the subject area), признанные публикации и работы, влияние, количество публикаций в соотношении с индивидуальной карьерой);

• признание со стороны научного сообщества (участие в международных научных сетях и конференциях, награды, редактирование и рецензирование, руководящие должности в сфере научных исследований, репутация и признание коллег);

• опыт получения конкурсного финансирования;

• внутри- и междисциплинарное (межсекторальное) сотрудничество;

• стратегическое лидерство в исследованиях (ясно сформулированное ви́дение предметной области и связей со смежными областями, интеллектуальное лидерство, разработка стратегий исследований и финансирования, стратегий влияния на общество, оригинальность исследования);

• продвижение и поддержка молодых исследователей.

В области преподавания во внимание принимаются:

• участие в высококачественном преподавании;

• разработка учебных инструментов и методов;

• рефлексия относительно педагогической практики (развитие собственных педагогических навыков; регулярный запрос отзывов у студентов, коллег и других лиц; наставничество и супервизия; значительный вклад в реформу учебных программ, лидерство в этой области);

• образовательная деятельность за пределами университета.

Оценка лидерских качеств учитывает:

• высокие академические обязанности и лидерство;

• ви́дение перспективного направления исследований, его влияния на международную исследовательскую повестку, поиск и развитие новых проектов;

• ответственность за людей (студентов, исследователей) и их развитие, формирование исследовательской культуры;

• образцовое следование университетским ценностям (коллегиальность, взаимное уважение, научная добросовестность).

Декларация принципов оценки учёных FOLEC–CLACSO[5], принятая *Латиноамериканским советом социальных наук* в 2022 г., особо отмечает значение экспертизы и влияния за пределами академической среды как видов вклада и рекомендует в специализированных информационных системах отражать расширенный спектр критериев оценки [24].

Global Research Concil[6] признаёт необходимым учитывать разнообразие исследовательских ролей и видов деятельности, промежуточных результатов и итогов, инноваций и контекста (этап карьеры, перерывы в работе и пр.) одним из аспектов ответственной оценки исследований [25].

[4] OPUS – проект “Открытая и универсальная наука” (Open and Universal Science), 2022–2025. https://opusproject.eu/about/

[5] FOLEC–CLACSO (исп. *Foro Latinoamericano sobre Evaluación Científica*) – инициатива Латиноамериканского совета социальных наук (Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, CLACSO). Её цель – создать пространство для диалога о том, как в Латинской Америке и Карибском бассейне устроены системы оценки научных исследований, и выработать справедливые, контекстуальные и социально ответственные подходы.

[6] Виртуальная организация руководителей финансирующих организаций. https://globalresearchcouncil.org/



Рис. 1. Виды деятельности в RAF
Примечание: валоризация – различные аспекты применения полученных знаний, в том числе популяризация, коммерциализация, физическое или цифровое выступление.

Fig. 1. Activity types in the RAF
Note: valorization – various aspects of the application of acquired knowledge, including popularization, commercialization, physical or digital performance.

Анализ межгосударственных инициатив в области реформирования оценки учёных показал, что спектр рекомендуемых критериев значительно шире традиционных показателей научной результативности и не ограничивается сферой исследований и преподавания. При решении карьерных вопросов, присуждении наград, распределении финансирования рекомендовано признавать результаты, обеспечивающие исследовательский процесс (работа с данными, программным обеспечением, разработка методов, алгоритмов и пр.) и способствующие эффективному использованию научных результатов (внедрение, вклад в политику, популяризация и пр.).

Таблица 2. Примеры показателей RAF
Table 2. Examples of RAF indicators

Вид деятельности	Стадия деятельности	Показатель
Публикации (исследования)	Процесс	Подготовка рукописи
	Промежуточный результат	Отправка рукописи
	Итог	Опубликовано
		Публикация доступна
		Публикация процитирована
Публичные выступления (валоризация), как очные, так и заочные (виртуальные)	Процесс	Выступление запланировано
	Промежуточный результат	Выступление состоялось
	Итог	Поддержание контактов
		Выступление доступно
		Выступление процитировано

Расширение круга критериев – это следствие признания разнообразных ролей, которые учёные выполняют на разных этапах карьеры (исследование, преподавание, лидерство, валоризация), концептуализации современных практик производства научного знания (командная работа, этика как регулятор качества исследований, открытая наука, перспективы междисциплинарных исследований), усиления внимания к подготовке будущих научных лидеров.

Критерии разделяются по признакам вида и этапа деятельности, типа результата. В разных системах оценки одни и те же показатели могут использоваться для характеристики разных критериев или быть сквозными. Вместе с тем общий пул критериев и показателей, рекомендуемых разными инициативами, непротиворечив и стабилен.

НАЦИОНАЛЬНЫЕ РЕФОРМЫ

Китайская Народная Республика. Новая научная политика КНР ориентирована на достижение общенациональных стратегических целей, в том числе на поддержание научно-технологического суверенитета и статуса научно-технической державы мирового уровня. Изменение критериев оценки учёных рассматривается как элемент общесистемной трансформации научно-технологической сферы. Реформа “трёх оценок” (оценки результативности, персонала, учреждений) призвана наладить взаимосвязь между требованиями к сотрудникам, проектам и научно-исследовательским учреждениям. Оценка должна стимулировать научных работников максимально использовать свои способности, направлять их “на служение стране, концентрироваться на исследованиях, добросовестно выполнять свои обязанности и вносить свой вклад” в развитие подразделения и среды [26].

В 2024 г. принят “Стандарт оценки научно-технических талантов” (GB/T 44143-2024), который определяет классификацию, принципы, критерии, процесс оценки, применение её результатов и используется для выявления, обучения, рекомендации и мотивации сотрудников [27]. Учитываются ценность специалиста (научная, технологическая, экономическая, социальная, культурная), его способности и вклад. Критерии и подходы к оценке дифференцированы в зависимости от вида исследований и занимаемой должности (табл. 3). На базе национального стандарта организации могут создавать собственные системы оценки.

Направления реформы оценки в КНР соответствуют основным положениям международных инициатив, при этом показатели соотносятся с задачами национального развития. Используется дифференцированный подход, одновременно усиливается внимание к средне- и долгосрочным оценкам. Создаётся новая модель самодекларирования достижений, похожая на нарративное резюме. Особый акцент делается на добросовестности исследователей. В настоящее время цель реформы “трёх оценок” не достигнута – подходы к согласованию требований к сотрудникам с требованиями к организациям находятся в стадии разработки. Сложным остаётся разрешение противоречий в части требований к публикациям: с одной стороны, организации должны обеспечивать определённый уровень публикационной активности при выполнении государственных заданий и других проектов, с другой стороны, они не могут рассматривать публикационные критерии в качестве основных при назначении на должности. Планируется отказ от рейтингования исследовательских организаций.

Индия. К 2030 г. Индия планирует достичь технологического суверенитета и войти в тройку ведущих научных держав. Научно-технологическое развитие сдерживает недостаточная численность исследователей [28]. Удвоение их численности (на полной ставке) каждые пять лет, расширение инклюзии по гендерному и социальному признакам, признание социального влияния научной деятельности наряду с академическими достижениями выдвигаются в качестве задач научной кадровой политики [29].

В 2025 г. Комиссия по университетским грантам (UGG) выставила на общественное обсуждение проект “Положения о минимальных квалификациях для назначения и продвижения преподавателей[7] и академического персонала в университетах и колледжах” [13]. Требования к публикационной активности, наличию учёной степени, профильному стажу относятся к минимальным квалификационным требованиям, выполнение которых необходимо для назначения на должность. Помимо этого, перечислены области, в нескольких из которых претенденту необходимо продемонстрировать значительный вклад:

- инновационное преподавание;
- создание исследовательских или учебных лабораторий;
- консультации / спонсируемые исследования – в качестве главного исследователя или главного соисследователя;
- преподавание на индийских языках;
- преподавание, обучение и исследования в индийской системе знаний;
- руководство проектами, стажировкой студентов;
- создание цифрового контента для массовых открытых онлайн-курсов;
- участие в жизни сообщества и оказание услуг;
- учреждение стартапа, успешно привлекающего финансирование.

Снижение проходного балла (п. 3.4) предусмотрено для зарегистрированных каст (“неприкасаемых”) и зарегистрированных (коренных) племён, “прочих отсталых классов”, лиц с инвалидностью и других категорий.

Расширенные критерии соответствуют задачам научной политики по подготовке национальных научных кадров, повышению социального влияния и внедрению результатов.

[7] В этом документе обозначение “преподаватель” относится ко всем сотрудникам, назначаемым в качестве преподавателей или для проведения исследований.

Таблица 3. Оценка талантов (персонала) в КНР
Table 3. Evaluation of talents (personnel) in the PRC

Вид работ/ элементы оценки	Крупные национальные исследовательские задачи	Фундаментальные исследования	Прикладные исследования и технологические разработки	Исследования в области социального обеспечения
Показатели отражают	Вклад и ценность* Степень выполнения национальных задач	Вклад, академическое влияние и исследовательский потенциал (оригинальность, качество публикаций) Соответствие национальным стратегическим потребностям, дисциплинарным требованиям	Инновационность и возможности интеграции, рыночная стоимость и эффективность применения достижений, вклад в экономическое и социальное развитие, командная работа	Преимущества внедрения результатов, удовлетворённость научно-техническими услугами и социальные выгоды
Не рекомендованные к применению показатели		Количество статей и импакт-фактор	Не использовать в качестве основных показателей статьи, патенты, финансирование	Жёсткие показатели оценки экономической выгоды
Приоритеты (при найме, аттестации, присвоении званий и пр.)	Выполнение крупных национальных исследовательских задач, крупных задач по созданию национальной научно-технической инфраструктуры, значимый вклад	Совершение крупных научных открытий и оригинальных прорывов Внедрение механизма рекомендаций молодых учёных на высокие научные должности передовыми учёными	Выполнение национальных исследовательских задач, особенно срочных, сложных и опасных, а также задач по созданию крупной национальной научно-технической инфраструктуры, значимый вклад	Поддержка национальных исследовательских задач, вклад и значимые результаты, которые эффективно применяются Работа в сложных и отдалённых районах, на позициях высокого риска, на передовой низовых организаций и длительный исследовательский стаж
Стимулируемые оценкой результаты	*Не определено*	Публикации в отечественных журналах	*Не определено*	Написание работ о своей стране

*Поддержка национальной безопасности, прорыв в ключевых базовых технологиях и решении важнейших проблем экономического и социального развития.

Источник: составлено автором по [26].

Source: compiled by the author according to [26].

Бразилия. Повышение привлекательности научной карьеры является одной из задач кадровой политики в Бразилии. Бразильская наука сталкивается с дефицитом кадров, особенно в естественно-научных и технических областях [28, 30].

Расширенные критерии оценки применяются в программах стипендиальной поддержки исследователей и аспирантов и в национальной научно-информационной системе BrCRIS, запущенной в 2023 г. BrCRIS предоставляет возможность отражения различных карьерных путей исследователей и результатов исследований, тем самым создавая основу для разработки более полных и контекстуализированных показателей научной деятельности и исследовательской карьеры [17].

Самую распространённую программу стипендиальной поддержки – "Научная продуктивность" (Produtividade em Pesquisa – PQ) – курирует Национальный совет по научно-техническому развитию при Министерстве науки, технологий и инноваций (CNPq) [18]. Расширение критериев оценки

в рамках этой программы согласуется с рекомендациями COARA и CLACSO–FOLEC, при этом критикуемые показатели публикационной активности (импакт-фактор и индекс Хирша) сохраняют своё значение.

Критерии оценки претендентов разделены на общие и специальные (для отдельных научных областей и категорий сотрудников). Общие критерии ориентированы на оценку научной результативности, вклада в развитие человеческих ресурсов, экспертизу, преподавание, лидерство, сотрудничество, коммуникации и социальное влияние. В качестве самостоятельных критериев применяются "сосредоточение внимания на основных национальных и глобальных проблемах", "междисциплинарные и многопрофильные подходы". Среди дисциплинарных критериев оценки можно отметить: для естественно-научных и технических дисциплин – взаимодействие с производственным сектором, охрану окружающей среды; для психологии и социальной работы – интеграцию исследователя в полевые исследования; для исторических наук – непрерывность научной деятельности ("непрерывная и регулярная публикационная активность"). Для многих областей значимым показателем остаётся привлечение финансирования исследований.

Великобритания. В Великобритании самое большое количество высокорейтинговых университетов в мире. На рынке высококвалифицированного труда сохраняется сложная ситуация, связанная с неравенством, нестабильностью, дефицитом навыков в STEM-областях (Science, Technology, Engineering, Mathematics) [28]. Приоритетом кадровой политики признано привлечение выдающихся учёных со всего мира. В рамках программы Global Talent Visa академическая квалификация оценивается по традиционным критериям: публикации, патенты, лицензии, награды, привлечённое финансирование, занимаемые должности[8].

Расширенные критерии внедрены в шаблон "Резюме для исследований и инноваций" (R4RI), которое используется в UK Research and Innovation (UKRI)[9] для целей финансирования [12]. Отражается вклад учёного в:

• создание новых идей, инструментов, методологий или знаний (способ представления идей и результатов; ключевые результаты; приобретённые навыки);

• развитие других сотрудников и поддержание эффективных трудовых отношений;

• научно-исследовательское и инновационное сообщество (ответственные должности, рецензирование, редактирование, работа в советах, комиссиях, лидерство в формировании актуальной исследовательской повестки);

• расширение круга пользователей и аудитории исследований.

Контекст показывает, каким образом перерывы в работе, командировки или волонтёрство повлияли на карьеру заявителя.

Испания. Испания является значимым участником программы "Horizon 2020". Научная кадровая политика в стране направлена на повышение привлекательности и стабильности научной карьеры, поощрение мобильности, интернационализации и сотрудничества [31].

С 2023 г. Королевским указом о государственной аккредитации [32] кандидатам предписано характеризовать свой научный, педагогический, профессиональный вклад и лидерские качества (результаты, заслуги и компетенции) с учётом дисциплинарной специфики. Видовой состав результатов был расширен, в том числе за счёт включения в него наборов данных, методологий, моделей машинного обучения. Научный вклад оценивается по критериям качества, влияния, значимости (научной, социальной, локальной).

Новые критерии оценки научно-исследовательской деятельности сотрудника на переходный период разработаны Национальным агентством по оценке качества и аккредитации (ANECA) в рамках объединения критериев Sexenios de investigación с критериями государственной аккредитации [14]. В соответствии с дисциплинарной спецификой определён состав ординарного (обычного), экстраординарного и исключительного вклада. Расширение вклада произошло в основном за счёт увеличения видового состава учитываемых публикаций. В качестве ординарных в ряде дисциплин принимаются короткие сообщения, комментарии, примечания. К экстраординарным отнесены технологические разработки, наборы данных, материалы конференций, проекты, кураторство выставок, аудиовизуальные работы, к исключительным – письма в редакцию, рецензии, методические пособия, переводы, работы по редактированию и каталогизации.

Метрики и показатели сгруппированы по уровням применения (объектам измерения): измерение вклада, средства распространения, открытость. Для метрик предписаны определённые источники данных, показатели и примерный контекст (нарратив). Например, при измерении вклада используются метрики цитирования – количество цитирований публикации в научных работах различных типов; в качестве источника данных – библиографические базы данных с максимально широким охватом, предпочтительно некоммерческие; для контекстуализации данных, снижения степени предвзятости и более точного представления об эффективности – нормализованное по категориям цитирование и количество цитирований без самоцитирования; в качестве контекста (нарратива) рассматриваются цитаты, использованные авторитетными авторами, приведённые во влиятельных изданиях и важных разделах (методология, обсуждение) за год; учитывается доля цитирований работы относительно среднемирового показателя или других ссылок (географических или дисциплинарных).

Норвегия. Норвегия нацелена на переход от ресурсной к высокотехнологичной экономике. Научно-технологическая политика страны направлена на повышение конкурентоспособности экономики, высокое качество и доступность науки и высшего образования [28].

[8] https://visas-immigration.service.gov.uk/next

[9] Государственное агентство Великобритании, отвечающее за финансирование научных исследований и инноваций.

Таблица 4. Области оценки в NOR–CAM и поддерживаемые типы результатов [33]
Table 4. Assessment areas in NOR–CAM and the types of results they support [33]

Область оценки	Типы результатов и компетенций	Примеры
Научные результаты	Качественные научные публикации и научные продукты	Статьи, книги, наборы данных, программное обеспечение, методологии, отчёты
Исследовательский процесс	Качественная организация и открытость исследований	Открытые данные, воспроизводимые исследования, открытые протоколы, управление данными, лидерство, групповая работа, этика, редакционная деятельность, финансирование
Педагогическая деятельность и наставничество	Развитие образования, воспроизводство научных кадров	Руководство аспирантами, создание учебных курсов, разработка образовательных материалов
Влияние и инновации	Влияние науки вне академического сообщества	Технологии, патенты, консультации для политического истеблишмента, участие в индустриальных проектах, предпринимательство, гражданская наука
Академическое лидерство	Развитие научных сообществ	Руководство лабораториями, организация научных проектов, работа в комиссиях, лидерство в панельных дискуссиях
Прочий опыт и компетенции	Опыт за пределами академических кругов	Курсы, работа по развитию дисциплин

С учётом опыта Финляндии и Нидерландов для прозрачной оценки карьерных перспектив сотрудников, распределения финансирования, оценки норвежских исследований и образования в 2019–2021 гг. была разработана “Norwegian Career Assessment Matrix” (NOR–CAM) – система комплексной оценки академической карьеры, которая может быть адаптирована университетами под свои задачи [33]. Оценка производится по шести областям (табл. 4). Для каждой области предусмотрены документирование соответствующих результатов и компетенций, рефлексия. К средствам документирования отнесены публикации, патенты, дипломы, сертификаты, регистрация, ссылки на веб-страницы, отзывы, рекомендации. Рефлексия предполагает самооценку качества и актуальности результатов, своей роли в их достижении, собственного профессионального развития, использование собственного опыта и опыта коллег в решении профессиональных задач, выбора планов на будущее и на профессиональное развитие [16].

* * *

Современные подходы к оценке учёного не ограничиваются требованиями научной результативности. Публикационная активность играет роль базового минимума, а окончательное решение принимается с учётом широкого спектра показателей – вклада, научных результатов, компетенций и перспектив профессионального роста. Новые критерии появляются вследствие расширения понятия научного результата, признания разнообразия профессиональной и системной устойчивости, а также прогнозируемых характеристик кадрового потенциала.

Глобальный тренд при решении карьерных вопросов и распределении финансовой поддержки – смещение фокуса от оценки первичной результативности “здесь и сейчас” (публикации, патенты, дипломы, премии) к результатам, оказывающим влияние на систему в средне- и долгосрочной перспективе (трансфер знаний и технологий, их внедрение, воздействие научных достижений на другие секторы экономики, формирование здоровой исследовательской среды, подготовка кадров, работа в команде). Эту тенденцию можно рассматривать как адаптацию опыта старших поколений по подготовке биографических справок при подаче заявок на должность к современным условиям.

Наборы критериев, рекомендуемых к использованию в разных странах, не противоречат друг другу. В зависимости от стратегии развития НИОКТР, состояния рынка интеллектуального труда в стране акценты при оценивании могут смещаться. В странах, ориентированных на развитие НИОКТР с опорой прежде всего на внутренние ресурсы, критерии в первую очередь отражают вклад учёных в решение национальных задач и локальных проблем, технологическое и социальное влияние, развитие отечественной периодики (Китай), подготовку национальных научных кадров (Индия). Для стран, реализующих НИОКТР преимущественно в рамках межгосударственных объединений, особое значение имеют показатели интернационализации, сотрудничества, мобильности, открытости (Испания,

Норвегия). Внимание к вопросам перераспределения кадров на рынке интеллектуального труда поощряет использование критериев, связанных с формированием универсальных навыков (лидерские и коммуникативные качества), с работой за пределами академических кругов (Великобритания). Быстрый рост национальной публикационной активности обычно сопровождается ориентацией на количественные показатели результативности (Бразилия).

Несмотря на то, что международные инициативы, подобные Коалиции по реформированию оценок в науке (COARA), рекомендуют изменять критерии оценки исследовательских проектов, организаций и сотрудников, практические шаги предпринимаются только по реформированию оценки сотрудников. Следует подчеркнуть, что согласование критериев оценки исследовательских организаций с критериями оценки сотрудников, в том, что касается показателей публикационной активности, не получило удовлетворительного решения в мировой практике. В качестве одной из мер по согласованию критериев можно рассматривать отказ от рейтингования организаций, предлагаемый в КНР. В то же время снижение значимости показателей публикационной активности в оценке исследовательских проектов и организаций, занимающихся фундаментальными исследованиями, представляется нецелесообразным. Предлагаемые альтернативные подходы к оценке (экспертиза научного сообщества, заказчиков и потребителей) имеют сопоставимые недостатки. Согласование критериев возможно за счёт инициативного выхода организаций на тот уровень понимания природы научного достижения, где значимость разнообразных результатов и неисследовательского вклада становится более заметной.

В России методическое обеспечение оценки научного персонала сформировано в период до 2022 г., и оно отличается фрагментарностью и нуждается в модернизации вслед за изменениями условий реализации НИОКТР. Готовых исчерпывающих решений в мире не создано, к зарубежному опыту необходимо подходить критически, рассматривая его через призму целей развития российского государства, задач формирования кадрового потенциала в науке и эффективного использования накопленного интеллектуального капитала. Имея в виду международный опыт, при разработке критериев оценки учёных представляется целесообразным учитывать их системное воздействие на научное сообщество и формирующий характер, опираться на стратегии научно-технологического развития, результаты исследований и прогнозы развития рынка научно-технического труда, потребности работодателей, необходимость мобилизации кадрового потенциала для решения актуальных задач, эффективность различных карьерных траекторий и исторический опыт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Васильева Е.В. *Научные кадры Дальнего Востока на этапе вторичной институционализации отечественной науки*. Ч. 1. Владивосток: Дальневосточный федеральный ун-т, 2017.

   [Vasilyeva E.V. *Scientific personnel of the Far East at the stage of secondary institutionalization of domestic science*. Part 1. Vladivostok: Far Eastern Federal University, 2017. (In Russ.)]

2. Thomas D.A. et al. Changing research on research evaluation: A critical literature review to revisit the agenda. *Research Evaluation*. 2020, vol. 29, no. 3. pp. 275–288. DOI: 10.1093/reseval/rvaa008

3. Аблажей А.М. Реформирование академического сектора науки в оценках научного сообщества. *ECO*. 2022. Т. 52. № 8. С. 173–192. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2022-8-173-192

   [Ablazhey A.M. Reforming the Academic Sector of Science in the Assessments of the Scientific Community. *ECO*. 2022, vol. 52, no. 8, pp. 173–192. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2022-8-173-192 (In Russ.)]

4. Rushforth A., De Rijcke S. Practicing responsible research assessment: Qualitative study of faculty hiring, promotion, and tenure assessments in the United States. *Research Evaluation*. 2024, vol. 33. DOI: 10.1093/reseval/rvae007.

5. Qiǎngfā lùnwén dānwu jíkòng? Zhōngguó jíkòngzhōngxīn de huíyìng hái yīng xiángxì xiē_ yìqíng. https://www.sohu.com/a/369715786_665455 (accessed 08.04.2026).

6. Клисторин В.И. Кадровые проблемы в отечественной науке. *Управление наукой: теория и практика*. 2023. Т. 5. № 2. С. 19–29. DOI: 10.19181/smtp.2023.5.2.2

   [Klistorin V.I. Personnel issues in domestic science. *Science Management: Theory and Practice.* 2023, vol. 5, no. 2. pp. 19–29. DOI: 10.19181/smtp.2023.5.2.2 (In Russ.)]

7. Gibney E. Will Europe ramp up defence research? War prompts major rethink. *Nature*. 1 jan. 2025. DOI: 10.1038/d41586-025-00117-z

8. Bleeding to death: the science and technology growth emergency. https://publications.parliament.uk/pa/ld5901/ldselect/ldsctech/192/19202.htm (accessed 19.12.2025).

9. Council recommendation on a European framework to attract and retain research, innovation and entrepreneurial talents in Europe. https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-15135-2023-REV-1/en/pdf (accessed 08.04.2026).

10. Science, Technology and Innovation Scoreboard. https://www.oecd.org/en/data/datasets/science-technology-and-innovation-scoreboard.html (accessed 26.03.2026).

11. Рейтинг стран мира по уровню расходов на исследования и разработки. https://gtmarket.ru/ratings/research-and-development-expenditure (дата обращения 26.12.2025).

[Ranking of countries by research and development expenditure. https://gtmarket.ru/ratings/research-and-development-expenditure (accessed December 26, 2025). (In Russ.)]

12. Résumé for Research and Innovation (R4RI). https://www.ukri.org/apply-for-funding/develop-your-application/resume-for-research-and-innovation-r4ri-guidance/ (accessed 27.03.2026).
13. Career Advancement Scheme (CAS) draft ugc regulations. https://www.pcla.co.in/images/2025/Draft_UGC_Regulations_2025.pdf (accessed 08.04.2026).
14. Resolución de 5 de diciembre de 2023, de la Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora, por la que se publican los criterios para la evaluación de la actividad investigadora. https://www.aneca.es/documents/20123/49576/ResolucionCNEAICriterios2023_051223.pdf/8d3b7633-71d5-92ee-3651-fac01c550995?t=1701779419733 (accessed 08.04.2026).
15. GB/T 44143-2024 Specification for evaluation of science and technology talent (English Version). https://codeofchina.com/standard/GBT44143-2024.html (accessed 08.04.2026).
16. Norway's Academic Assessment Reform: NOR-CAM in practice. https://sfdora.org/2025/05/27/norcam/ (accessed 23.03.2026).
17. Rovelli L. Debates actuales y reformas en curso en la evaluación responsable de la investigación en América Latina y el Caribe. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388985 (accessed 08.04.2026).
18. Páginas de cada Comitê Assessor, com sua Compsição, seus Critérios de Julgamento. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. https://www.gov.br/cnpq/pt-br/assuntos/comites-assessoramento/paginas-dos-cas (accessed 08.04.2026).
19. The Agreement on Reforming Research Assessment. https://coara.eu/app/uploads/2022/09/2022_07_19_rra_agreement_final.pdf (accessed 08.04.2026).
20. The European framework for research careers and the new Charter for Researchers are now a reality. https://euraxess.ec.europa.eu/euraxess/news/european-framework-research-careers-and-new-charter-researchers-are-now-reality (accessed 19.03.2026).
21. O'Neill G. *OPUS Deliverable 3.5* OPUS Researcher Assessment Framework (RAF). DOI: 10.5281/zenodo.14672476
22. O'Neill G. *OPUS Deliverable 5.3* – Open Science Career Assessment Matrix (OSCAM2). DOI: 10.5281/zenodo.18598685
23. Overlaet B. *A Pathway towards Multidimensional Academic Careers*. https://www.leru.org/files/Publications/LERU_PositionPaper_Framework-for-the-Assessment-of-Researchers.pdf (accessed 08.12.2025).
24. Una nueva evaluación académica y científica para una ciencia con relevancia social en América Latina y el Caribe: Declaracion de principios. https://biblioteca-repositorio.clacso.edu.ar/bitstream/CLACSO/169563/1/Declaracion-CLACSO-FOLEC-version-extendida.pdf#page=2.00 (accessed 08.04.2026).
25. Al-Shamsi M., McGuirk S. *Responsible Research Assessment Working Group*. https://globalresearchcouncil.org/fileadmin/user_upload/2024-RRA-WG_Activity-Poster.pdf (accessed 08.04.2026).
26. Guānyú kāizhǎn kējì réncái píngjià gǎigé shìdiǎn de gōngzuò fāng'àn. http://www.czzht.com/index.php?c=content&a=show&id=49279 (accessed 23.03.2026).
27. "Kējì réncái píngjià guīfàn" guójiā biāozhǔn fābù shíshī. https://www.most.gov.cn/kjbgz/202410/t20241030_192214.html (accessed 23.03.2026).
28. *Научно-техническая политика: глобальные стратегии достижения технологического лидерства*. М.: ВШЭ, 2025. DOI: 10.17323/978-5-7598-3035-1

[*Science and Technology Policy: Global Strategies for Achieving Technological Leadership*. Moscow: HSE, 2025. DOI: 10.17323/978-5-7598-3035-1 (In Russ.)]

29. New science policy draft focusses on self-reliance, enhanced funding in S&T. *The Economic Times*. 2021, 1 jan. https://economictimes.indiatimes.com/news/science/new-science-policy-draft-focusses-on-self-reliance-enhanced-funding-in-st/articleshow/80060726.cms (accessed 08.04.2026).
30. Перротта Ж.А. Опыт Бразилии: исследовательские реакторы на службе общества. *IAEA Bulletin*. 2023. Т. 64. № 4. http://www.iaea.org/ru/bulletin/opyt-brazilii-issledovatelskie-reaktory-na-sluzhbe-obshchestva (дата обращения 08.04.2026).

[Perrotta J.A. The Brazilian Experience: Research Reactors in the Service of Society. *IAEA Bulletin*. 2023. Vol. 64. No. 4. http://www.iaea.org/ru/bulletin/opyt-brazilii-issledovatelskie-reaktory-na-sluzhbe-obshchestva (date of access 08.04.2026). (In Russ.)]

31. Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2024-2027. https://www.ciencia.gob.es/dam/jcr:6e566243-bcb5-45d8-ab77-5cfe533060f2/peicti2024_2027.pdf (accessed 08.04.2026).

32. Real Decreto 678/2023, de 18 de julio, por el que se regula la acreditación estatal para el acceso a los cuerpos docentes universitarios y el régimen de los concursos de acceso a plazas de dichos cuerpos. https://www.boe.es/buscar/pdf/2023/BOE-A-2023-19027-consolidado.pdf (accessed 08.04.2026).
33. NOR-CAM – A toolbox for recognition and rewards in academic careers. https://www.uhr.no/en/_f/p3/i86e9ec84-3b3d-48ce-8167-bbae0f507ce8/nor-cam-a-tool-box-for-assessment-and-rewards.pdf (accessed 08.04.2026).

РАЗМЫШЛЕНИЯ НАД НОВОЙ КНИГОЙ
REFLECTIONS ON A NEW BOOK

DOI: 10.7868/S3034520026110065

Рецензия

СТАНОВЛЕНИЕ МОЛОДОГО УЧЁНОГО – ОПЫТ СССР

Л.А. Опенкин*

**E-mail: l.openkin@gmail.com*

Аннотация. Обсуждается книга В.М. Баутина “Путь к вершине науки”, посвящённая творческим достижениям 129 лауреатов премии Ленинского комсомола в области науки и техники, которая присуждалась в СССР в период с 1969 по 1990 г. Описаны наиболее действенные формы участия советов молодых учёных и специалистов в повышении творческой активности молодёжи в научной области. Показана продуктивность общегосударственной системы привлечения юношей и девушек к движению научно-технического творчества молодёжи (НТТМ).

Ключевые слова: В.М. Баутин, монография “Путь к вершине науки”, научная молодёжь, Всесоюзный Ленинский Союз Молодёжи

Финансирование. Статья подготовлена без дополнительного финансирования.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Ссылка для цитирования: Опенкин Л.А. Становление молодого учёного – опыт СССР. *Вестник РАН / Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2026. Том 96. № 11. С. 979–987. https://doi.org/10.7868/S3034520026110065

Поступила в редакцию 30.03.2026
После доработки 14.04.2026
Принята к публикации 25.04.2026

ОПЕНКИН Леонид Антонович – доктор исторических наук, профессор, Москва, Российская Федерация, e-mail: l.openkin@gmail.com.

© Опенкин Л.А., 2026

РАЗМЫШЛЕНИЯ НАД НОВОЙ КНИГОЙ
REFLECTIONS ON A NEW BOOK

DOI: 10.7868/S3034520026110065 Review

THE FORMAITION OF A YOUNG SCIENTIST: THE USSR EXPERIENCE

L.A. Openkin*

**E-mail: l.openkin@gmail.com*

Abstract. This article discusses V.M. Bautin's book "The Path to the Pinnacle of Science" and the creative achievements of 129 laureates of the Lenin Komsomol Prize in Science and Technology, awarded in the USSR from 1969 to 1990. The most effective forms of participation by councils of young scientists and specialists in enhancing the creative activity of young people in scientific fields are described. The effectiveness of a nationwide system for engaging young men and women in the youth scientific and technical creativity movement is demonstrated.

Keywords: V.M. Bautin, monograph "The Path to the Pinnacle of Science", young scientists, All-Union Leninist Youth Union

Funding. This article was prepared without additional funding.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

For citation: Openkin L.A. The formaition of a young scientist: the USSR experience. *Vestnik Rossijskoj Akademii Nauk / Herald of the Russian Academy of Sciences.* 2026, vol. 96, no. 11, pp. 979–987. (In Russ.) https://doi.org/10.7868/S3034520026110065

Received March 30, 2026
Revised April 14, 2026
Accepted April 25, 2026

OPENKIN Leonid A. – Doctor of Historical Sciences, Professor, Moscow, Russian Federation, e-mail: l.openkin@gmail.com.

© Openkin L.A., 2026

В конце 2025 г. российский книжный фонд пополнился уникальной монографией академика В.М. Баутина “Путь к вершине науки” [1]. Формально эта книга посвящена творческим достижениям 129 лауреатов премии Ленинского комсомола в области науки и техники (1969–1990), удостоенных впоследствии академический званий в СССР, Российской Федерации и государствах СНГ. Однако фактически автор предпринял первую в отечественной историографии попытку показать сущность и механизм действия существовавшей в Советском Союзе довольно стройной системы организации работы по повышению роли молодых учёных и специалистов в развитии науки, ускорении технического прогресса. Труд В.М. Баутина – это важный шаг в научном осмыслении проблемы, имеющей крайне актуальное политическое и практическое значение для новой России.

Материал, воспроизведённый в книге, позволяет привлечь внимание читателя к одной принципиально важной черте процесса познания: многие выдающие исследователи совершили свои открытия в сравнительно молодом возрасте [1, с. 24–28]. Прежде всего это связано с тем, что именно в возрасте до 35–40 лет учёные “находятся в состоянии творческого и духовного роста” [1, с. 27]. Ясно осознавая революционизирующую роль науки и техники в развитии общества, советское государство нацеливало представителей молодого поколения на активное овладение научными знаниями, их обновление, превращение научно-технических достижений в непосредственную производительную силу. Особую роль в решении этой задачи оно отводило комсомолу [2–4].

Первые целенаправленные шаги, связанные с участием ВЛКСМ в развитии творческой активности молодой научно-технической интеллигенции, были сделаны в 1930-е годы в форме научных собраний и профессиональных конкурсов. Показательным стало организованное в 1936–1938 гг. по решению Бюро ЦК ВЛКСМ Всесоюзное соревнование молодых научных работников, в котором приняли участие более 80 тыс. человек. Во Всесоюзный оценочный комитет из регионов страны поступило 615 работ, а в числе победителей значились имена молодых учёных, которым вскоре будет суждено составить славу и гордость советской науки, среди них М.В. Келдыш, Л.В. Канторович, Л.С. Понтрягин, С.А. Христианович, А.И. Алиханов, А.И. Алиханьян, Б.С. Джелепов, Н.П. Дубинин, Л.С. Соболев, П.Е. Спивак, Я.В. Пейве, В.А. Крат, В.П. Елютин, Г.Ф. Краузе, О.С. Вялов, Э.А. Асратян, В.Д. Панников [1, с. 176–181].

Роль Ленинского комсомола в организации работы по созданию условий для профессионального становления молодых учёных и специалистов, развитию их творческой активности ещё более возросла в последующие десятилетия, проходившие под знаком научно-технической революции, и достигла своего апогея в середине 1960-х – конце 1980-х годов. Как справедливо отмечает В.М. Баутин, этому во многом способствовало зародившееся в стране в начале 1960-х годов движение по консолидации деятельности научно-технической молодёжи.

В 1961 г. в Новосибирске при комитете ВЛКСМ Сибирского отделения АН СССР возник первый в стране совет научной молодёжи, в 1964 г. – первый городской совет молодых учёных при Свердловском горкоме комсомола. Мощный импульс становлению таких советов дала проведённая в 1966 г. в Москве по инициативе и под председательством секретаря ЦК ВЛКСМ Ю.В. Торсуева научно-практическая конференция, посвящённая работе комсомола с научной молодёжью. Свидетельством того, какое огромное социальное звучание получило это мероприятие, явилось принятие в мае 1967 г. совместного постановления ЦК ВЛКСМ, Государственного комитета Совета министров СССР по науке и технике, Президиума АН СССР, Министерства высшего и среднего специального образования СССР “О работе с научной молодёжью”, в котором нашли отражение многие идеи и предложения, высказанные участниками конференции [5, с. 451–460]. В документе была высоко оценена инициатива комсомола по созданию советов молодых учёных, которые стали эффективным инструментом организации работы в области творческого роста научной молодёжи, повышения эффективности её труда, внедрения достижений науки в производство, совершенствования научно-технической пропаганды.

Чтобы усилить роль молодых учёных и специалистов в решении стоявших перед страной задач, постановление ставило цель создать управленческую вертикаль в организации работы с научной молодёжью. Было признано необходимым организовать советы молодых учёных при ЦК ВЛКСМ, ЦК ЛКСМ союзных республик, обкомах, крайкомах комсомола, а также при комитетах комсомола, имеющих крупные контингенты научной молодёжи. Документ предусматривал также создание группы по работе с научной молодёжью в аппарате ЦК ВЛКСМ, секторов по организации работы с этой категорией молодёжи в ЦК ЛКСМ союзных республик, а также в Хабаровском, Красноярском, Краснодарском крайкомах, Московском горкоме, Московском, Ленинградском, Свердловском, Новосибирском, Куйбышевском, Карельском, Днепропетровском, Харьковском, Горьковском, Татарском, Иркутском, Томском обкомах комсомола. Были учреждены премии Ленинского комсомола за выдающиеся работы, выполненные молодыми учёными [5, с. 459].

В последующие два десятилетия, как подробно показано на страницах книги, Совет молодых учёных при ЦК ВЛКСМ и группа по работе с научной молодёжью, преобразованная в 1972 г. в Отдел научной молодёжи, реформированный 1986 г. в Отдел научного и технического творчества молодёжи аппарата ЦК ВЛКСМ, стали главным двигателем и организатором создания системы работы с молодой научно-технической интеллигенцией нашей страны. В конце 1960-х – начале 1970-х годов при активной поддержке первого секретаря ЦК ВЛКСМ Е.М. Тяжельникова и под руководством секретаря ЦК В.А. Житенёва был обобщён опыт стимулирования творческой активности научно-технической молодёжи, накопленный в регионах страны. Результаты этой работы нашли отражение

в принятом в апреле 1973 г. совместном постановлении Государственного комитета Совета министров СССР по науке и технике, Министерства высшего и среднего специального образования СССР и ЦК ВЛКСМ “Об утверждении положений о советах молодых специалистов”. Это решение, включавшее в себя “Положение о советах молодых специалистов предприятий (организаций) промышленности, строительства, транспорта, связи и сферы обслуживания” и “Положение о советах молодых учёных (специалистов) научно-исследовательских, конструкторских, проектно-конструкторских и технологических организаций, научных подразделений вузов”, определяло цели и задачи, организационные принципы, содержание работы, права советов молодых специалистов [1, с. 824–830]. В данных документах были выделены основные направления организации работы с молодыми сотрудниками учреждений научно-технического профиля, принципы деятельности по их мобилизации на решение стоящих перед страной задач. В монографии читатель найдёт скрупулёзно отобранную информацию о наиболее действенных формах участия советов молодых специалистов и комитетов комсомола по каждому из этих направлений.

Первое из них определялось задачами совершенствования *идейно-теоретической и научно-методологической подготовки молодёжи*, выработки у её представителей критического мышления, умения пользоваться диалектическим методом познания. Комсомол внёс значительный вклад в распространение в СССР философских (методологических) семинаров, благодаря которым успешно воплощался в практику принцип единства мировоззренческой и исследовательской подготовки научной молодёжи. На рубеже 1970–1980-х годов в научно-исследовательских учреждениях и высших учебных заведениях страны действовало свыше 6 тыс. таких семинаров, объединявших более 200 тыс. научных сотрудников и преподавателей. ЦК ВЛКСМ был одним из инициаторов упорядочения и координации их деятельности. С этой целью при Президиуме АН СССР был создан Центральный совет философских (методологических) семинаров во главе с вице-президентом АН СССР академиком Ю.А. Овчинниковым, а также разработано положение о деятельности подобных семинаров [1, с. 7].

Огромное значение имела инициатива созданного при ЦК ВЛКСМ Совета молодых учёных и специалистов о проведении всесоюзных и региональных школ для молодых исследователей по всему научному спектру. Ежегодно в стране проводилось от 20 до 30 только всесоюзных школ, в работе каждой из которых принимали участие около 150 слушателей. В 1970-е годы Отдел научной молодёжи ЦК ВЛКСМ организовал 180 Всесоюзных школ молодых учёных и специалистов по актуальным проблемам науки и техники, в которых приняли участие более 22 тыс. молодых исследователей из всех республик Советского Союза, а также более 3 тыс. лекторов, в том числе около 1700 академиков, членов-корреспондентов АН СССР и докторов наук [1, с. 824–830].

Привлечение к работе школ учёных, представлявших цвет советской науки, стало незыблемым принципом их организации. Красноречивы в этом отношении приводимые В.М. Баутиным сведения об одной из первых таких школ – “Актуальные проблемы современной физики” (17–27 мая 1976 г., г. Ростов Великий), участниками которой были академики Н.Г. Басов, Е.П. Велихов, А.В. Новосёлова, А.М. Прохоров, Н.М. Эмануэль и другие ведущие учёные. Один из них, трижды Герой Социалистического Труда академик Я.Б. Зельдович, написал: “Не знаю, как молодым учёным, но мне эта школа была чрезвычайно полезна” [1, с. 79–80]. Как точно заметил автор книги, в первую очередь это было обусловлено той атмосферой, которая складывалась в ходе общения учителей и учеников: «Во время проведения таких Всесоюзных школ происходили единение и консолидация учёных старшего поколения и молодёжи. Ведущие учёные раскрывались на таких мероприятиях полностью. Как правило, среди лекторов были одарённые и яркие личности, досконально знающие свой предмет науки. Для них школа была отдушиной, глотком свежего воздуха, так как общение на равных с молодёжью, бесконечные научные споры придавали им сил и энергии. Они работу подобных школ ждали, за их проведение боролись, и потому такие школы были весьма востребованы. К тому же они являлись своеобразными площадками мгновенного распространения знаний... “возбуждённости мысли”» [1, с. 81].

Громадный заряд творчества получали от таких школ представители молодого научного поколения. За сравнительно короткий срок (10–12 дней) они усваивали огромное количество новейшей информации в своей и смежных областях знания, вникали в актуальные научные проблемы и, что самое важное, знакомились с нестандартной культурой мышления научных корифеев. Но самую большую ценность, по признанию многих участников школ, составляло неформальное общение представителей разных поколений. Молодые исследователи имели возможность услышать из уст авторитетных учёных суждения и оценки, которые далеко не всегда звучали с официальной трибуны, узнать их мнение о результатах собственного научного поиска. “А уж когда они не только высоко оценивают твои выступления, – писал впоследствии академик Г.А. Месяц, – но и благодарят за новые идеи, возникшие в ходе творческих дискуссий, как тут не почувствовать себя способным своротить горы” [1, с. 80]. Одним словом, сам факт общения молодёжи с видными учёными становился мощным катализатором её профессионального роста, развития творческой активности.

Необходимо отметить, что комсомол брал на себя все финансовые расходы, связанные с участием учёных в работе всесоюзных школ (за исключением транспортных расходов), предоставлял для них лагеря Бюро международного молодёжного туризма “Спутник” ЦК ВЛКСМ, расположенные в уникальных местах Советского Союза.

Однако накопленный в 1970–1980-е годы опыт не получил развития в постсоветскую эпоху, академик Баутин с горечью вынужден констатировать: “Такая эффективная форма работы с научной молодёжью до сих пор остаётся востребованной за рубежом, но не имеет подобного продолжения в таких масштабах, как ранее у нас, в Российской Федерации” [1, с. 83].

Второе направление касалось *организации комсомолом шефства* в решении важнейших научно-технических проблем атомной энергетики, вычислительной техники, комплексной механизации и автоматизации в промышленности, нефтяной и газовой отрасли, сельскохозяйственном производстве, вытекавших из потребностей развития страны. Эффективной формой решения этой задачи стали всесоюзные ударные комсомольские стройки: ежегодно на многочисленные строительные объекты по комсомольским путёвкам выезжали более 100 тыс. юношей и девушек [1, с. 85].

Хорошо известно, что в последние десятилетия огромная роль в решении народно-хозяйственных задач в России принадлежит предприятиям нефтяной и газовой отрасли Западной Сибири, которые были созданы в своё время в основном молодыми рабочими и специалистами. Комсомол принимал самое активное участие в их строительстве. В частности, ЦК ВЛКСМ поддержал предложение Г.И. Шмаля, в 1966–1971 гг. первого секретаря Тюменского обкома комсомола, о создании на базе СУ-19 первого в стране комсомольско-молодёжного треста "Тюменьгазмонтаж" для разработки и внедрения новых технологий и методов строительства (позднее трест был преобразован в Главное управление по комплектно-блочному строительству нефтегазовых объектов). В целях расширения практики использования этого метода по предложению Миннефтегазстроя СССР и ЦК ВЛКСМ в 1974 г. Совет Министров СССР принял решение о создании экспериментального промышленно-строительного объединения "Сибкомплектмонтаж". Спустя всего пять лет его коллектив, возглавляемый молодыми руководителями, насчитывал уже около 9 тыс. работников, более половины которых были моложе 35 лет. Молодые учёные и специалисты внесли огромный вклад в дело применения нового метода обустройства необжитых труднодоступных районов крайнего Севера. В 1973 г. комсомольско-молодёжному тресту "Тюменьгазмонтаж" решением ЦК ВЛКСМ было присвоено звание лауреата премии Ленинского комсомола "За внедрение в практику строительства при освоении нефтяных и газовых месторождений Западной Сибири новых индустриальных методов". В 1981 г. группа из девяти молодых учёных и инженерно-технических работников была удостоена премии Ленинского комсомола в области науки и техники "За совершенствование методов проектирования, анализа и управления разработкой Медвежьего и Уренгойского газовых месторождений для обеспечения ускоренного развития Западно-Сибирского нефтегазового комплекса (ЗСНГК)" [1, с. 87–88]. Совет молодых учёных и специалистов при ЦК ВЛКСМ уделял большое внимание решению проблем строительства Байкало-Амурской магистрали, вопросам рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды [1, с. 90–95].

Третье направление было связано с *внедрением в различные сферы жизни общества новейших достижений науки и техники*. Внося юношеский задор и энергию в традиционные виды работы в области интеграции производства и научно-технической мысли, молодые учёные и специалисты Страны Советов в 1960–1980-е годы искали и находили новые формы своего участия в решении одной из самых злободневных проблем социалистического строительства. Советы молодых учёных и специалистов всё чаще выступали инициаторами заключения многосторонних договоров о научно-производственном сотрудничестве научно-исследовательских, проектных, конструкторских, технологических организаций и производственных предприятий, что способствовало ускорению получения и практического воплощения научно-технических результатов. Эффективным инструментом реализации таких договоров стали комплексные творческие молодёжные коллективы (КТМК). Как показала практика, отмечает В.М. Баутин, КТМК работали намного эффективнее обычных структурных подразделений, так как стимулировали творческий труд благодаря возможности самостоятельного новаторского поиска: "В творческих молодёжных коллективах утверждался принципиально новый тип отношений, который основывался на доверии и уважении к каждому и признании значимости его труда" [1, с. 100].

В качестве наглядного примера высокой эффективности комсомольско-молодёжного творчества в книге упоминается созданное в середине 1960-х годов при Советском райкоме комсомола в новосибирском Академгородке научно-производственное объединение "Факел", самоуправляемая вневедомственная структура, опередившая время на многие десятилетия. Особенность "Факела" состояла в том, что привлекавшиеся к работе сотрудники занимались не внедрением уже имевшихся научных разработок Сибирского отделения Академии наук, а "поиском и выполнением заказов на научно-конструкторские разработки (НИОКР) силами временных комплексных молодёжных коллективов, собираемых под задачу" [1, с. 107]. Такой подход к совершенствованию производства на основе новейших научно-технических достижений оказался весьма востребованным, "Факел" развивался бурными темпами и уже через три года после своего рождения имел миллионные обороты, а численность привлекаемых к реализации его программ молодых специалистов достигла почти шести тысяч человек. Но что самое главное – поразительной оказалась эффективность его деятельности: на каждый рубль затрат приходилось 25 руб. прибыли, общий объём которой ежегодно составлял свыше 40 млн руб. [1, с. 107–109].

Интересный опыт был накоплен в Латвии, где по инициативе Совета молодых учёных и специалистов ЦК ЛКСМ Латвийской ССР действовала внедренческая фирма "Орионт", которая оказывала помощь научным подразделениям, не имевшим собственных конструкторских бюро или опытных мастерских, в создании нестандартного оборудования, автоматов, автоматических линий. Экономический эффект работы этой фирмы за несколько лет существования составил миллионы рублей, чему во многом способствовал принцип хозрасчёта [1, с. 109].

В деятельности Краснодарского крайкома комсомола центральное место занимали научные основы организации труда в сельском хозяйстве. Совет молодых учёных и специалистов взял шефство над

комсомольско-молодёжными коллективами на основе договоров о содружестве в деле внедрения достижений аграрной науки. Эта работа дала великолепные результаты: все 200 сельскохозяйственных коллективов, над которыми было установлено шефство, достигли экономических показателей, намного превышавших среднестатистические по краю [1, с. 109–117].

В тесной связи с процессом функционирования КТМК формировалось и развивалось четвёртое направление комсомольской работы в области повышения эффективности производства на базе достижений науки и техники – участие в создании *общегосударственной системы привлечения юношей и девушек к движению научно-технического творчества молодёжи* (НТТМ), которое в последние два десятилетия существования СССР стало самым массовым в стране. В середине 1980-х годов ЦК ВЛКСМ, обобщив накопленный в предыдущие десятилетия опыт, выступил с инициативой перевода НТТМ на качественно новую орбиту движения. Был подготовлен проект Комплексной программы развития научно-технического творчества молодёжи, определившей конкретные направления работы в этой области. В частности, предполагалось добиться к 1990 г. участия в различных формах творчества более 10% работающей молодёжи, 50% школьников, 60% учащихся средних специальных учебных заведений и профтехучилищ, 100% студентов высших учебных заведений. В результате реализации программы в стране должна была быть сформирована стройная система привлечения молодого поколения к научно-техническому творчеству на основе комплексных программ разных уровней – от союзного, республиканского, краевого, областного до личного комплексного плана молодого специалиста, рабочего, учащегося, студента.

Инициатива Центрального комитета ВЛКСМ нашла поддержку в высших эшелонах власти. В июне 1986 г. ЦК КПСС принял постановление, которым одобрил предложение ЦК комсомола о структуре и руководящих органах системы НТТМ. Конкретные пути создания этой системы были сформулированы в принятом в марте 1987 г. беспрецедентном решении Совета министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ “Об образовании Всесоюзного координационного совета научно-технического творчества молодёжи и оплате труда членов творческих молодёжных коллективов и штатных работников центров научно-технического творчества молодёжи” [1, с. 123–137]. Предполагалось, что реализация предусмотренных мер позволит осуществить революционный прорыв в вовлечении молодых рабочих, колхозников, инженерно-технических и научных работников, учащейся и студенческой молодёжи в активный творческий поиск передовых, нестандартных научных и технических решений. Однако история, к великому сожалению, не отвела времени для воплощения этих планов в жизнь. Решение властей о создании в период перестройки системы НТТМ было многообещающим, но явно запоздалым: «Если бы такой документ о поддержке НТТМ со стороны руководства страны был принят во времена деятельности “Факела”, мы бы сегодня наверняка жили в другой, инновационной стране», – заключает В.М. Баутин [1, с. 137].

Пятое направление деятельности комсомола вытекало из потребностей *формирования будущей научной смены* из числа школьной и студенческой молодёжи, создания условий для профессионального роста молодых учёных и специалистов. В целях поиска творчески одарённых старшеклассников комитеты комсомола, советы молодых учёных и специалистов участвовали в проведении вузовских, районных, городских конференций и олимпиад для учащихся школ. В некоторых регионах действовали малые академии для старшеклассников, школьные научные общества, клубы юных техников. Наиболее удачный опыт их деятельности был накоплен в Крыму и Сибири [1, с. 117–120].

В Советском Союзе была создана стройная система деятельности по вовлечению в научно-исследовательскую работу студенческой молодёжи. К концу 1960-х годов при комитетах комсомола всех вузов страны были созданы студенческие научные общества и студенческие конструкторские бюро, функционирование которых координировал Всесоюзный совет по научной работе студентов. Мощный импульс развитию этой системы придало утверждение Министерством высшего и среднего специального образования СССР “Типового положения о студенческих конструкторских, исследовательских, проектных, технологических и экономических бюро высших учебных заведений” (1968), “Положения о научно-исследовательской работе студентов высших учебных заведений” (1974), а также “Примерного типового комплексного плана организации научно-исследовательской работы студентов на весь период обучения” (1979). В 1973/1974 учебном году впервые была проведена Всесоюзная олимпиада “Студент и научно-технический прогресс”, в которой участвовало около 900 тыс. студентов из 742 высших учебных заведений. Традиционными стали областные, краевые, республиканские, всесоюзные конкурсы студенческих научных работ.

Принцип научной состязательности был положен в основу стимулирования научного творчества молодых учёных. В целях их профессионального роста была разработана целая система конкурсов научных работ [1, с. 77]. Наглядным свидетельством того, какое значение придавало государство этой форме стимулирования научного труда, стало принятие по инициативе ЦК ВЛКСМ в 1971 г. Постановления Совета министров СССР “Об учреждении медалей с премиями для студентов высших учебных заведений и молодых учёных за лучшие научные работы”. В соответствии с ним Президиум АН СССР стал проводить всесоюзный конкурс, пользовавшийся большим авторитетом в научной среде.

Однако в общественном сознании прочно укоренилось мнение, что высшая, наиболее престижная награда для представителей советской научной молодёжи – премия Ленинского комсомола в области науки и техники. Факты, которые приводит автор книги, позволяют заключить: конкурс на соискание этой премии приобрёл исключительно высокий статус прежде всего потому, что комсомол неуклонно стремился возвысить молодое поколение над рутиной обыденности, показать государственную значимость научного

творчества. Конкурс последовательно расширялся: “Если в 1967 году было премировано всего девять работ в различных областях науки, то начиная с 1971 года и вплоть до 1990 года количество таких работ составило уже от 15 до 22, то есть практически был охвачен весь спектр научных направлений проводившихся в стране научно-исследовательских работ” [1, с. 78]. Факты, воспроизводимые на многих страницах книги, позволяют заключить: в тот период премия Ленинского комсомола в области науки и техники непроизвольно выполняла функцию мощного социального лифта для молодых учёных.

К деятельному участию в проведении соревнования молодых научных сил привлекались корифеи отечественной научной мысли. В состав действовавшей в течение 23 лет Комиссии ЦК ВЛКСМ по премиям Ленинского комсомола в области науки и техники входили представители Академии наук СССР, Государственного комитета Совета министров СССР по науке и технике, Министерства высшего и среднего специального образования СССР, Совета молодых учёных и специалистов при ЦК ВЛКСМ. Эту комиссию поочерёдно возглавляли академики, пользовавшиеся непререкаемым авторитетом в научном сообществе: лауреат Ленинской и Нобелевской премий Н.Г. Басов (1967–1978), лауреат Ленинской премии и Государственной премии СССР Е.П. Велихов (1978–1985), лауреат Государственной премии СССР и Премии Совета министров СССР Г.А. Месяц (1985–1990). Под их руководством осуществлялась квалифицированная и строгая экспертиза поступавших в оргкомитет работ, которую в 14 экспертных группах вели около 240 известных учёных. Всего в 1967–1990 гг. было присуждено 397 премий Ленинского комсомола, звание лауреата получили 1802 молодых учёных и специалиста [1, с. 77–79]. Многие из них в последующем стали блестящими деятелями советской и российской науки.

Результаты фундаментальных и прикладных исследований целого ряда лауреатов приобрели широкую известность и признание мировой научной общественности. Среди них С.С. Аверинцев (позднеантичная, раннехристианская и средневековая литература средиземноморского региона, философия культуры), В.В. Бабешко (механика сплошной среды, динамические смешанные задачи и их приложение в геофизике, акустике), Ю.Н. Беленков (кардиология, эхокардиография, магнитно-резонансная томография), А.Л. Бучаченко (физическая химия свободных радикалов, магнитно-спиновые эффекты в химических реакциях, химической физике разрушения и стабилизации полимеров), А.А. Галеев (физика плазмы, космическая физика), В.Ф. Гантмахер (физика металлов и полупроводников, высокотемпературная сверхпроводимость), А.Н. Гузь (теоретические проблемы механики деформируемого твёрдого тела и механики сплошной среды), М.Ч. Залиханов (физика снега и снежных лавин, проблемы охраны природы высокогорных территорий), С.Г. Инге-Вечтомов (общая и молекулярная генетика – генетический контроль белкового синтеза (трансляции), мутационный процесс у дрожжей), В.В. Козлов (общие принципы динамики, теория колебаний, теория устойчивого движения, динамика твёрдого тела), А.А. Кокошин (теория международных отношений, проблемы разоружения, теория и практика обеспечения устойчивости военно-стратегического сдерживания и неядерного стратегического сдерживания), Г.А. Месяц (сильноточная эмиссионная электроника, газовая электроника, сильноточные ускорители, мощная наносекундная импульсная техника), Р.И. Нигматулин (механика многофазных сред), Ю.Ц. Оганесян (ядерные реакции, ускорители тяжёлых ионов, синтез и исследование новых тяжёлых химических элементов), В.П. Платонов (алгебра, алгебраическая геометрия, алгебраическая теория чисел), К.Г. Скрябин (молекулярная биология, генетическая инженерия и биотехнология), В.П. Скулачёв (биоэнергетика, образование электрического потенциала на внутриклеточных мембранах и его роль как конвертируемой формы энергии в живой клетке), В.М. Шевцов (генетика, селекция, семеноводство зерновых культур), Н.П. Юшкин (теоретическая минералогия и металлогения).

Информация, воспроизведённая в книге В.М. Баутина, позволяет заключить, что многие лауреаты комсомольской премии в последующем стали не только выдающимися исследователями, но и блестящими руководителями, инициаторами широкого применения научных знаний в решении актуальных проблем развития страны. Наглядная иллюстрация – их роль в укреплении обороноспособности государства. Так, В.Г. Дегтярь, лауреат премии Ленинского комсомола 1977 г., пройдя путь от инженера до генерального директора и генерального конструктора АО “Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева”, стал блистательным творцом стратегических ракетных комплексов с баллистическими ракетами морского и наземного базирования, а также ракетно-космических комплексов. Под его руководством были созданы разные виды вооружения, которые сегодня составляет основу отечественных стратегических ядерных сил.

Интересна судьба Н.Н. Каркищенко (лауреат премии Ленинского комсомола 1977 г.) – крупного специалиста в сфере клинической фармакологии, организатора первой в СССР кафедры клинической фармакологии, в 37 лет ставшего ректором Ростовского медицинского института. В 1986 г. он был командирован в зону ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС, после чего решением Военно-промышленной комиссии страны направлен в особо режимное Третье главное управление при Минздраве СССР (ныне Федеральное медико-биологическое агентство – ФМБА России), где возглавил весь комплекс оборонных медико-биологических научных работ. В 1997 г. Каркищенко организовал Институт новых технологий РАМН, а в 2009 г. создал и возглавил Научный центр биомедицинских технологий РАМН. Под его руководством созданы и внедрены десятки новых препаратов, в том числе на основе нанотехнологий, для защиты военнослужащих, космонавтов, гражданского населения от воздействия экстремальных факторов среды и оружия массового поражения.

Ещё один пример – Ю.М. Милёхин (лауреат премии Ленинского комсомола 1980 г.), выдающийся российский учёный в области специальной технической химии и технологии твёрдых ракетных топлив, физики горения и взрыва, баллистики и газодинамики внутрикамерных процессов в ракетных двигателях на твёрдом топливе. Более четверти века он возглавляет Федеральный центр двойных технологий "Союз". Под его руководством запущены в производство новые поколения твёрдых ракетных топлив, превосходящих по своим характеристикам все зарубежные аналоги: высокоэнергетические и высокоплотные для двигателей маршевых ступеней стратегических ракетных комплексов и комплексов оперативно-тактического назначения, низкотемпературные с высокой зависимостью скорости горения от давления для двигательных установок боевых ступеней и двигателей специального назначения, топлива для сверхзвуковых и гиперзвуковых систем вооружения.

Однако социальная значимость того, что совершили поддержанные в своё время Центральным комитетом ВЛКСМ в период творческого взлёта молодые люди для своего Отечества, определяется не только их последующими научными достижениями. Упоминаемые в книге факты, убеждают в мысли, что лауреаты премии Ленинского комсомола в области науки и техники, помимо прочего, внесли огромный вклад в сохранение отечественной научной системы, обеспечение преемственности в ней на крутом повороте истории, когда резко ослабли внимание и помощь науке со стороны государства.

В своё время академик В.И. Вернадский, размышляя над механизмом функционирования науки, выделил два основных фактора её развития: "Научная работа может совершаться под покровом волевого, сознательного стремления правительственной власти и может идти силой волевых импульсов отдельных лиц или общественных организаций при безразличии или даже противодействии правительства... В России начало научной работе было положено правительством Петра, исходившего из глубокого понимания государственной пользы. Но эта работа быстро нашла себе почву в общественном сознании и не прерывалась в те долгие десятилетия, когда иссякла государственная поддержка научного творчества" [6, с. 195]. Аналогичным образом развивались события и на рубеже XX и XXI столетий.

Как свидетельствует мировой и отечественный исторический опыт, в моменты, когда в силу разных причин ослабевает влияние государства на науку, резко возрастает миссия *научных школ* как эффективной формы проявления личностно-общественного начала в организации научной деятельности. Прежде всего это связано с тем, что становление научных школ происходит не под влиянием административно-командных рычагов, а в результате усилий общепризнанного учёного-лидера, который является "объединяющим началом научной школы, владеющим универсальным способом научной работы, который может передаваться только через прямой контакт с учениками и последователями" [1, с. 37]. Человек, "эрудиция, круг интересов и стиль работы которого имеют определяющее значение для привлечения новых молодых сотрудников", выполняет функцию несущей конструкции в воздвигаемом здании научной школы [1, с. 138]. Со временем она трансформируется в *саморазвивающийся организм*, способный выполнять самостоятельную социальную функцию [1, с. 156–157]. Обязательное условие эффективного формирования и развития научных школ – преемственность поколений, целенаправленная работа по воспитанию из числа молодых учёных будущего лидера школы, способного продолжить дело учителя.

Именно лауреаты премии Ленинского комсомола, утверждает В.М. Баутин, сыграли огромную роль в деле сохранения и совершенствования отечественных научных школ в конце XX – начале XXI в. На основе огромного фактического материала автор книги заключает: "Как правило, лауреаты премии быстро становились лидерами в своих коллективах и вырастали в профессиональном плане, создавая свои научные школы. Так, из 155 лауреатов премии Ленинского комсомола, ставших впоследствии членами академий, 107 представляли научные школы и стали новыми их лидерами или возглавили новые направления" [1, с. 156–157]. Добавим, что каждому второму из них в разные годы было доверено руководство ведущими научно-исследовательскими, конструкторскими, проектными, технологическими учреждениями или высшими учебными заведениями, некоторые из них – Г.А. Месяц, В.В. Козлов, А.А. Кокошин, С.И. Колесников, В.П. Платонов – стали крупными руководителями отечественной академической науки [1, с. 203–674].

В заключение хотелось бы посвятить несколько строк создателю книги "Путь к вершине науки" Владимиру Моисеевичу Баутину, биография которого буквально вплетена в ткань рассматриваемых на её страницах вопросов общественной и научной жизни страны. В 1975 г. выпускник Кубанского сельскохозяйственного института, успевший потрудиться к тому времени экономистом совхоза, а затем первым секретарём Новокубанского райкома комсомола в Краснодарском крае, был приглашён в Отдел научной молодёжи ЦК ВЛКСМ, где в течение семи лет отвечал за организацию работы с молодыми учёными и специалистами сельскохозяйственного профиля. Позднее он стал директором Российского научно-исследовательского института информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению АПК, руководителем департамента науки и технического прогресса Министерства сельского хозяйства РФ, ректором, а затем президентом Российского государственного аграрного университета имени К.А. Тимирязева. Академик Баутин первым в нашей стране научно обосновал и разработал единую отраслевую систему научно-технической информации в аграрно-промышленном комплексе, став признанным лидером этого нового направления в аграрной науке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Баутин В.М. *Путь к вершине науки*. Очерки (эссе) о лауреатах премии Ленинского комсомола в области науки и техники (1967–1990), впоследствии удостоенных академических званий в СССР, Российской Федерации и странах – государствах СНГ. М.: Молодая гвардия, 2025.

   [Bautin V.M. *The Path to the Pinnacle of Science*. Essays on the Laureates of the Lenin Komsomol Prize in Science and Technology (1967–1990), Subsequently Awarded Academic Titles in the USSR, the Russian Federation, and the CIS. Moscow: Molodaya Gvardiya, 2025. (In Russ.)]

2. Ленин В.И. *Задачи союзов молодёжи*: Речь на III Всероссийском съезде Российского коммунистического союза молодежи. Ленин В.И. Полн. собр. соч. М.: Политиздат, 1974. Т. 41. С. 298–318.

   [Lenin V.I. *Tasks of Youth Leagues*: Speech at the Third All-Russian Congress of the Russian Communist Youth League. Lenin V.I. Complete Works. Moscow: Politizdat, 1974. Vol. 41. Pp. 298–318. (In Russ.)]

3. Сталин И.В. Речь на VIII съезде ВЛКСМ. *Правда*. 1928. 17 мая.

   [Stalin I.V. Speech at the VIII Congress of the Komsomol. *Pravda*. 1928, May 17. (In Russ.)]

4. Бухарин Н.И. *Текущие задачи комсомола*: Доклад на VIII всесоюзном съезде ВЛКСМ, 6 мая 1928 года. М.: Молодая гвардия, 1928.

   [Bukharin N.I. *Current tasks of the Komsomol*: Report at the VIII All-Union Congress of the Komsomol, May 6, 1928. Moscow: Molodaja Gvardiya, 1928. (In Russ.)]

5. *Товарищ комсомол*. Документы съездов, конференций и ЦК ВЛКСМ: 1918–1968 гг. Т. 2: 1942–1968 гг. М.: Молодая гвардия, 1969.

   [*Comrade Komsomol*. Documents of congresses, conferences, and the Central Committee of the All-Union Leninist Young Communist League: 1918–1968. Vol. 2: 1942–1968. Moscow: Molodaya Gvardiya, 1969. (In Russ.)]

6. Вернадский В.И. *Очерки по истории естествознания в России в XVIII столетии*. Вернадский В.И. Труды по истории науки. М.: Наука, 2002.

   [Vernadsky V.I. *Essays on the History of Natural Science in Russia in the 18th Century*. Vernadsky V.I. Works on the History of Science. Moscow: Nauka, 2002. (In Russ.)]

ЭТЮДЫ ОБ УЧЁНЫХ
PROFILES

DOI: 10.7868/S3034520026110073 Оригинальная статья

КУЛЬТУРА КАК ГЛАВНЫЙ СМЫСЛ И ГЛАВНАЯ ЦЕННОСТЬ

К 120-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА Д.С. ЛИХАЧЁВА

В.Е. Багно*

Институт русской литературы (Пушкинский Дом) РАН, 199034, Санкт-Петербург, Российская Федерация
**E-mail: vsbagno@gmail.com*

Аннотация. В этом году исполнилось 120 лет со дня рождения академика Дмитрия Сергеевича Лихачёва, выдающегося учёного, общественного деятеля и деятеля культуры, который внёс значительный вклад в медиевистику, историю русской литературы, главным образом древнерусской письменности. Авторству Д.С. Лихачёва принадлежат такие фундаментальные труды, как “Текстология. На материале русской литературы X–XVII вв.” и “Поэтика древнерусской литературы”. Но прежде всего Д.С. Лихачёв был Хранителем в высоком значении этого слова – Хранителем и защитником традиционного русского культурного наследия, освящённого временем. Хранителем он оставался и когда стал градозащитником, и когда писал труды об экологии культуры и свою “Декларацию прав культуры”.

Ключевые слова: древнерусская письменность, поэтика древнерусской литературы, экология культуры, декларация прав культуры, гуманитарное знание

Финансирование. Исследование проведено без дополнительного финансирования.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Ссылка для цитирования: Багно В.Е. Культура как главный смысл и главная ценность. *К 120-летию со дня рождения академика Д.С. Лихачёва. Вестник РАН / Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2026. Том 96. № 11. С. 988–997. https://doi.org/10.7868/S3034520026110073

Поступила в редакцию 27.08.2026
После доработки 08.09.2026
Принята к публикации 23.09.2026

БАГНО Всеволод Евгеньевич – член-корреспондент РАН, научный руководитель ИРЛИ РАН, Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: vsbagno@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-1408-5511

© Багно В.Е., 2026

ЭТЮДЫ ОБ УЧЁНЫХ
PROFILES

DOI: 10.7868/S3034520026110073 Original article

CULTURE AS THE PRIMARY MEANING AND CORE VALUE

ON THE 120TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF ACADEMICIAN D.S. LIKHACHEV

V.E. Bagno*

Institute of Russian Literature (Pushkin House), Russian Academy of Sciences,
199034, St. Petersburg, Russian Federation
**E-mail: vsbagno@gmail.com*

Abstract. This year marks the 120th anniversary of the birth of Academician Dmitry S. Likhachev – an outstanding scholar, public figure, and cultural activist who made significant contributions to medieval studies and the history of Russian literature, particularly regarding Old Russian writings. D.S. Likhachev authored such seminal works as "Textology: Based on Russian Literature of the 10th–17th Centuries" and "The Poetics of Old Russian Literature". Yet, above all, D.S. Likhachev was a "Guardian" in the highest sense of the word – a guardian and defender of the traditional Russian cultural heritage, hallowed by time. He remained a guardian whether he was championing the preservation of the city, writing about the "ecology of culture," or drafting his "Declaration of the Rights of Culture".

Keywords: old Russian writing, poetics of old Russian literature, ecology of culture, declaration of cultural rights, humanities

Funding. The study was conducted without additional funding.

Conflict of interest. The author declares no conflicts of interest.

For citation: Bagno V.E. Culture as the primary meaning and core value. *On the 120th Anniversary of the Birth of Academician D.S. Likhachev. Vestnik Rossijskoj Akademii Nauk / Herald of the Russian Academy of Sciences.* 2026, vol. 96, no. 11, pp. 988–997. (In Russ.) https://doi.org/10.7868/S3034520026110073

Received August 27, 2026
Revised September 08, 2026
Accepted September 23, 2026

BAGNO Vsevolod E. – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Scientific Supervisor of the Institute of Russian Literature (Pushkin House) of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russian Federation, e-mail: vsbagno@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-1408-5511

© Bagno V.E., 2026

Дмитрия Сергеевича Лихачёва, человека, к мнению которого в 1980–1990-е годы прислушивались первые лица государства, сформировали детство, проведённое в Петербурге, и юность, которая пришлась на ссылку на Соловки. В судьбе Лихачёва присутствует очевидный водораздел, который делит его жизнь на две равные в концептуальном смысле, но не равные в хронологическом отношении части. Если до 1985 г. судьба России отражалась в судьбе Лихачёва, формируя его биографию, ломая его жизнь и сказываясь, несмотря на "сопротивление материала", в её перипетиях, то после перестройки начался процесс прямо противоположный: Лихачёв как выдающийся деятель культуры и нравственный авторитет, далёкий от власти, своей позицией, своей непреклонностью, своим примером стал влиять на ход истории.

Многие, кто читал воспоминания Д.С. Лихачёва о блокаде, сходятся во мнении, что эти записи – самое поразительное, самое сильное, что о ней написано. «В голод люди, – пишет Дмитрий Сергеевич, – показали себя. Обнажились, освободились от всяческой мишуры: одни оказались замечательными, беспримерными героями, другие – злодеями, мерзавцами, убийцами, людоедами. Середины не было. Всё было настоящее" [1, с. 286]. В известном смысле эти слова можно отнести ко всей трагической истории России XX столетия, свидетелем которой был Лихачёв.

Во второй половине 1990-х годов мне довелось довольно тесно сотрудничать с Дмитрием Сергеевичем, в частности, он привлёк меня к работе над "Декларацией прав культуры" тогда, когда он её ещё только задумывал. В то время у меня была возможность сравнить три рабочих редакции "Декларации". Первая из них – машинопись с правкой Лихачёва, вторая – проект, изданный для распространения среди участников Международного форума "Сотворение мира и призвание человека" [2], который состоялся в Великом Новгороде и Санкт-Петербурге 27 августа – 2 сентября 1995 г. [3] и в ходе которого "Декларация" впервые была обнародована, и наконец, проект "Декларации", над которой на этот раз работал целый коллектив – комиссия при Правительстве Санкт-Петербурга, возглавляемая А.А. Собчаком, членом которой был и я. Отличия первой от второй несущественны. В частности, Дмитрий Сергеевич свёл в один два явно близких по духу раздела – "Права культуры на сохранность" и "Право на сохранение исторического облика исторических городов, селений и ландшафтов", тем более что первоначально они окаймляли раздел "Права культуры на доступность". В итоге текст приобрёл бóльшую стройность и лаконичность.

Хотелось бы остановиться на третьей версии документа, на которую я писал экспертное заключение (в высшей степени благожелательное). В ней сохранены все идеи Д.С. Лихачёва, и в то же время она не случайно носит подзаголовок "Петербургская хартия культуры". Действительно, этот во многом замечательный текст представляет собой, скорее, всё же именно "Петербургскую хартию культуры", чем "Декларацию прав культуры", предложенную Лихачёвым. Дело не только в том, что в третьей версии несколько



Академик Дмитрий Сергеевич Лихачёв (1906–1999)
Academician Dmitry Likhachev (1906–1999)

изменены отдельные формулировки, а стиль стал суше. И не в том, что в хартии учтены положения многочисленных международных актов по вопросам культуры. Важнее другое: пафос, тезисы и акценты Дмитрия Сергеевича, его авторское понимание культуры и её места в нашей жизни растворены в ином, юридически просчитанном пафосе, в других тезисах и аргументах. Растворены, а значит, утрачены. Декларация Лихачёва нужна и интересна именно потому, что она по-русски утопична. Именно поэтому с прагматической точки зрения она была весьма уязвима. И наоборот, Петербургская хартия вполне могла бы быть принята и реализована, но, думаю, по сравнению с Декларацией Лихачёва, не очень интересна и не очень нужна. Достаточно сказать, что с точки зрения Дмитрия Сергеевича культура – это целостная динамическая среда, которая не имеет границ, причём замкнутость неизбежно ведёт к её обеднению и вырождению.

В "Петербургской хартии культуры" ставятся чёткие границы, культуре дано однозначное (и вполне убедительное) толкование. В то же время в "Декларации" Лихачёва вполне мог бы быть раздел "Защита прав исчезающих слов и явлений". Аргументацией к нему служило бы следующее рассуждение Дмитрия Сергеевича: «Созданная русским языком культуросфера (если можно так сказать, используя выражение Вернадского) была необычайно богата, однако сейчас она катастрофически беднеет. Происходит это не только потому, что язык перестал творить и "видеть" многие явления. С исчезновением некоторых из них исчезает и слово. Вот, допустим, слово "учтивость". В пассивном языке оно ещё существует. Мы понимаем, что оно



Рабочая группа по доработке концепции “Декларации прав культуры” Д.С. Лихачёва: Д.С. Лихачёв, М.Б. Пиотровский, В.В. Знаменов, Я.А. Гордин, М.С. Коган, В.Е. Триодин, В.Е. Багно и другие. 1996 г.

Working group on refining the concept of D.S. Likhachev’s “Declaration of the Rights of Culture”: D.S. Likhachev, M.B. Piotrovsky, V.V. Znamenov, Ya.A. Gordin, M.S. Kogan, V.E. Triodin, V.E. Bagno, and others. 1996

означает, но очень редко его произносим. Гибнет слово, и исчезает само явление, которое с этим словом связано» [4, с. 180]. “Это очень важно” любил говорить в подобных случаях Дмитрий Сергеевич. Однако, несмотря на то (а, возможно, именно потому), что это важно, абсолютно невозможно юридически оформить и обосновать этот тезис как параграф нормативного документа, в котором, кстати говоря, не нашлось бы места слову “учтивость”. Ещё важнее, пожалуй, другое. Может быть, я ошибаюсь, но думаю, что для ЮНЕСКО или ООН, на которые и ориентирована в конечном счёте “Декларация прав культуры”, вряд ли может быть приемлемым основной пафос Лихачёва: “Культура представляет главный смысл и главную ценность существования как отдельных народов и малых этносов, так и государств. Вне культуры самостоятельное существование их лишается смысла”.

Я припоминаю, что уже в ходе упомянутого выше форума “Сотворение мира и призвание человека” со стороны наших зарубежных коллег возникло неявное противодействие идеям Дмитрия Сергеевича, которые были неверно поняты: якобы Лихачёв провозглашал тезис “Культура для культуры”. Однако для оппонентов Лихачёва неприемлемой оказалась “Декларация” как таковая, поскольку культура с их точки зрения ни в коей мере не является равноправной и равноценной человеку. Мне тогда показалось, что Дмитрий Сергеевич мягко уклонялся от полемики. Теперь я понимаю, что так оно и было: ему было неловко настаивать на справедливости своих доводов. Но время доказало его правоту. Человек может быть далёк от культуры, но культуры без человека не бывает. Поэтому отстаивание прав человека, далёкого от культуры, может оказаться опасным, в то время как отстаивание прав культуры, по сути, предполагает соблюдение прав человека.

На мой взгляд, основные положения «Декларации прав культуры” Лихачёв сформулировал уже тогда, когда впервые стал излагать свои идеи об экологии культуры: «Погибнуть человечество и природа в целом могут не только биологически вместе с уничтожением всего живого, но и духовно, вследствие гибели культуры. И тут и там может действовать право неразумного сильного, которое создаёт опаснейшую ситуацию. Такое сочетание бездуховного человечества и бескультурной природы вполне возможно с помощью бездуховной “техники переустройства”. Больше того, мы уже идём по этому пути, не замечая этого. Человек – часть природы, и отсутствие в природе духовного человека, представляющего как бы “самосознание вселенной”, лишает смысла существования не только человека, но и всё сущее, всё мироздание... Такую обезглавленную природу не будет смысла сохранять... И отношение к природе, и отношение к культуре требует общих правил нравственности, общего осознания человеком себя как части природы и части культуры» [5, с. 98]. Иными словами, с точки зрения Лихачёва можно

декларировать биологические права человека, в которые входят и социальные, и политические права, а можно – нравственные права человека.

Лихачёв доказывал, что утрата культурных оснований бытия разрушает самого человека – не окружающую его природу, вне которой его жизнь невозможна, а его собственную природу. Потому-то и необходимо отстаивать права культуры на сохранность, имея в виду главное её назначение – быть доступной, составляя динамическую среду, порождающую сотворчество. Дмитрий Сергеевич неоднократно настаивал на том, что культура не укладывается в схему, в соответствии с которой на одном полюсе – творец, а на другом – получатель, что на самом деле в этой цепочке огромное значение имеет сотворчество и что культуру создаёт не только автор произведения, но и тот, кто его воспринимает.

Все мы помним слова Лихачёва о том, что XXI век будет веком гуманитарной культуры, гуманитарного знания. В эссе “Без тумана ложных обобщений”, предпосланном первому выпуску альманаха “Канун” под названием “Русские утопии”, Дмитрий Сергеевич писал: “Я мыслю себе XXI век как век гуманитарной культуры, культуры доброй и воспитывающей, закладывающей свободу выбора профессии и применения творческих сил. Образование, подчинённое задачам воспитания, разнообразие средних и высших школ, возрождение чувства собственного достоинства, не позволяющего талантам уходить в преступность, возрождение репутации человека как чего-то высшего, которой до́лжно дорожить каждому, возрождение совестливости и понятия чести – вот в общих чертах то, что нам нужно в XXI веке. Не только русским, конечно, но особенно русским, потому что именно это мы в значительной мере потеряли в нашем злополучном XX веке” [6, с. 18].

Дмитрий Сергеевич и сам был не просто деятелем культуры, пусть даже замечательным, а, пользуясь его определением, – целостной динамической культурной средой, развивающейся, готовой к диалогу и призывающей к сотворчеству, включающей в себя и литературу, и науку, и проповедничество, и публицистику. Поэтому именно неким коллективным аналогом Лихачёва оказалось одно из его последних начинаний – альманах “Канун”, совместивший в себе различные духовные и интеллектуальные пласты, которые были в нём персонифицированы: научные статьи по философии культуры и антропологии, художественная эссеистика, публикации и переводы из разных областей гуманитарного знания.

Главным для Лихачёва в культуре был язык. “Язык, – утверждал он, – сам по себе прежде всего творец, созидатель; ведь то, что не имеет названия, для человека не существует” [4, с. 179]. Знаменательно, что права языка, а значит, и культуры, и человека, и народа в целом волновали Дмитрия Сергеевича ещё в студенческие годы. Его доклад “Медитации на тему о старой, традиционной, освящённой, исторической русской орфографии, попранной и искажённой врагом Церкви Христовой и народа российского, изложенныя в трёх рассуждениях Дмитрием Лихачёвым февраля 3 дни 1928 года” едва не стоил ему жизни. Близким ему людям он часто об этом рассказывал, но эта история известна и по его воспоминаниям: “Слушались различные шуточные и экстравагантные доклады, – писал он. – Каждый из докладчиков старался перещеголять других в остроте выступлений и точек зрения. Подготовил и я доклад, в котором доказывал (полушуткой и полусерьёзно) преимущества старой орфографии. Следует принять во внимание, что 1927 год и начало 1928 года, когда написан доклад, были временем особенно беспощадного наступления на Церковь, чем и вызваны некоторые из моих заявлений в докладе” [1, с. 355]. «Если имя есть сама вещь, то кто станет отрицать непосредственную связь между начертанием слова и предметом, который оно должно символизировать?... Не погасла ли в стране нашей вѣра от того, что мы стали писать её через “е”... Утверждать, что это простая случайность, так же непоследовательно, как утверждать, что случайно Бог пишется по-советски с маленькой буквы” [1, с. 362–363].

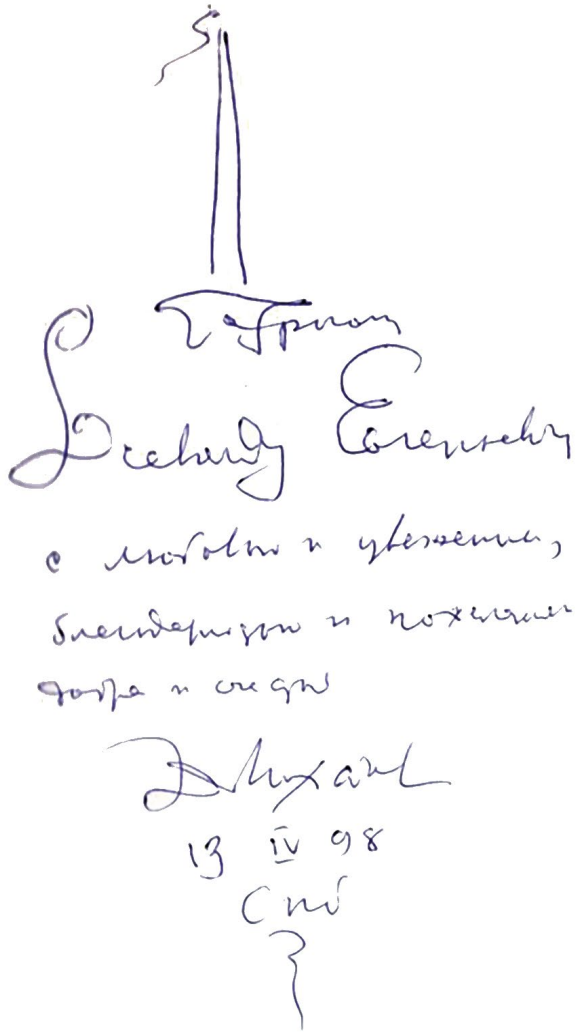
Древнерусская литература настолько органично вошла в нашу жизнь, что нам трудно себе представить, что её, за исключением “Слова о полку Игореве”, ещё несколько десятилетий тому назад ни в книжном магазине, ни в учебнике нельзя было бы обнаружить. То, что сейчас всё иначе, заслуга прежде всего Дмитрия Сергеевича, его коллег и учеников. Именно благодаря Лихачёву древнерусская письменность утвердилась как великая письменность. В одном из замечательных предисловий Лихачёва к изданиям памятников древнерусской словесности XI – XVII вв.: «Перед нами литература, которая возвышается над своими семью веками как единое грандиозное целое, как одно колоссальное произведение, поражающее нас подчинённостью одной теме, единым борением идей, контрастами, вступающими в неповторимые сочетания. Древнерусские писатели – не зодчие отдельно стоящих зданий. Это – градостроители. Они работали над одним, общим грандиозным ансамблем. Они обладали замечательным “чувством плеча”, создавали циклы, своды и ансамбли произведений, в свою очередь слагавшиеся в единое здание литературы, в котором и самые противоречия составляли некое органическое явление, эстетически уместное и даже необходимое» [7, с. 7].

Когда я помогал Дмитрию Сергеевичу готовить издание сборника его эссе и статей о феномене русской интеллигенции, опубликованное в качестве приложения к альманаху “Канун” [8], Лихачёв, зная мою слабость к образным словосочетаниям на обложке, сказал мне: “Не знаю, понравится ли вам, но, по-моему, на обложке должно быть только одно слово Полумесяц”. Не скрою, я несколько опешил и, попытавшись сделать вид, будто услышал что-то само собой разумеющееся, спросил: “И всё?”. Дмитрий Сергеевич как будто бы даже несколько обиделся и в свою очередь спросил: “Конечно. А что же ещё?”. Придя домой, я придумал несколько убедительнейших объяснений именно такого заглавия, и в конечном счёте у меня не осталось ни малейшего сомнения в том, что более глубокого, яркого и точного заглавия не придумать. Когда вскоре

я принёс Дмитрию Сергеевичу окончательно согласованный с ним состав “Полумесяца”, он лукаво посмотрел на меня и сказал: “Всё замечательно, но вот лучше бы заглавие изменить”. Однако мне уже казалось, что другого названия быть не может, поэтому я стал горячо и, на мой взгляд, убедительно его отстаивать. Дмитрий Сергеевич выслушал меня и сказал: «Пожалуй, вы правы, но ведь кто-то решит, что речь идёт об исламе. Разве что какое-нибудь прилагательное добавим, например “задумчивый” или “задумавшийся”». С “задумчивым”, а тем более с “задумавшимся” полумесяцем я не готов был согласиться, но не прошло и нескольких секунд, как Дмитрий Сергеевич добавил: «А впрочем, посмотрите, что получается: “Дмитрий Сергеевич Лихачёв – задумчивый полумесяц”», – и рассмеялся. Мы никогда не узнаем, почему именно “полумесяц” пришёл в голову Дмитрию Сергеевичу, когда он думал о феномене русской интеллигенции, но я не знаю никого, кто был бы способен на подобную остроту, смелость и парадоксальность ума.

Разумеется, Лихачёв был прежде всего выдающимся учёным, медиевистом, историком русской литературы, главным образом древнерусской письменности. Однако я, как и многие другие, убеждён, что он недооценён как мыслитель и как художник. Осмелюсь предположить, что именно в этом было его призвание, и в других обстоятельствах ему было бы суждено стать оригинальным мыслителем, подобно М.М. Бахтину, если бы он не был вынужден укрыться в литературоведческой нише. Мы привыкли вслед за Е.Г. Эткиндом считать, что в истории отечественной литературы имела место лишь переводческая ниша, в которой в советское время укрывались, не имея возможности печатать свои стихи, Анна Ахматова, Осип Мандельштам, Михаил Кузмин, Николай Заболоцкий, позднее – Арсений Тарковский, Мария Петровых, Семён Липкин. Однако читая “Воспоминания” Лихачёва или его “Заметки о русском”, осознаёшь, что при всей его любви к истории литературы она была для него в каком-то смысле подобной нишей – нишей, благодаря которой мы имеем такие литературоведческие шедевры, как “Текстология” или “Поэтика древнерусской литературы”.

Д.С. Лихачёв и другие “старцы” его поколения поддерживали связь времён прежде всего своим молчаливым неприятием режима и своей открыто заявляемой преданностью истинным ценностям. Невольно и неосознанно Дмитрий Сергеевич и другие замечательные гуманитарии, его друзья и единомышленники, на протяжении десятилетий брали на себя несвойственные им функции, на которые они, казалось бы, не имели права – учить не только ремеслу, но и жизни. И до и после перестройки люди шли к Лихачёву, как из “мира” приходят в “скит” к старцам, прославившимся своим благочестием и добронравием, нуждаясь в духовной опоре и совете. Разумеется, не обходилось и без курьёзов. Однажды я был свидетелем того, как одна женщина, войдя в кабинет Лихачёва, поставила у дверей хозяйственную сумку, в которой, как вскоре выяснилось по глухому кудахтанью, была живая курица. При этом в разговоре посетительница как будто



Дарственная надпись Д.С. Лихачёва В.Е. Багно на книге “Об интеллигенции” (1997)

Dedicatory inscription by D.S. Likhachev to V.E. Bagno in the book “On the Intelligentsia” (1997)

и не нуждалась. Дмитрий Сергеевич долго смеялся, когда я предположил, что она пришла к нему, потому что любимая курица не неслась, и Лихачёв для этой женщины был последней надеждой.

В предисловии к первому выпуску альманаха “Канун” “Русские утопии” Дмитрий Сергеевич в свойственной ему метафорической манере писал о том, что мы полностью зависим от мифов и стереотипов, в которые погружена вся наша жизнь: “Мы живём мифами. Мифы окружают не только историю, но и наши личные воспоминания. В мифы закапсулированы наши родные и знакомые, наши города и сёла. Мифами бредит страна и рвётся к будущему, борясь с мифами и имея мифы где-то перед собой. Смею утверждать, что в своём поведении и отдельных поступках человек имеет в виду прежде всего мифы. Мифы выходят за пределы наших представлений об истинном и ложном” [6, с. 9]. Один из таких мифов – представление о том, что, если общественный деятель или деятель культуры перестаёт

мелькать на экране, о нём забывают. Проведённые социологические групповые дискуссии о роли личности Лихачёва и гуманитарных ценностей в современном обществе дали поразительные результаты. Авторитет Лихачёва оказался чрезвычайно высок, более того, он оказался живым собеседником молодёжи. Однако успех этих групповых дискуссий, на мой взгляд, не снимает с повестки дня возможность несколько более острой постановки вопроса – об отношении нашего современника к некоторым достаточно спорным идеям Лихачёва, таким, например, его утверждениям, как:

• никакой особой миссии у России не было и нет;

• интеллигенты при всех режимах оказывались своего рода внутренней эмиграцией;

• Россия – европейская страна;

• культура представляет собой главный смысл и главную ценность существования как отдельных народов и малых этносов, так и государств;

• XXI век будет веком гуманитарной науки, гуманитарного знания.

Убеждён, что далеко не все согласились бы с Дмитрием Сергеевичем, но при этом кое-кто из его противников засомневался бы в своей правоте.

Однако не стоит обольщаться. Другой закапсулированный миф – убеждение, что Лихачёв всем дорог и всеми любим. На самом деле к нему скептически относились многие интеллигенты, главным образом старшего поколения, полагавшие, что нескромно быть “учителем жизни” и “совестью нации”. Грустно сознавать, что именно эти слова в статьях или репортажах о нём более всего огорчали Дмитрия Сергеевича. Неприязненным было отношение к нему многих коллег: с их точки зрения он должен был, подобно им, честно и скромно служить науке, а не “унижать” себя общественной деятельностью. Не любим Лихачёв был многими идеологически ангажированными людьми. Для некоторых иностранцев и отечественных либералов и западников он был едва ли не русофил и националист, для русофилов и националистов – либерал и западник. Вполне естественно, что более умеренные сторонники тех и других пытались и до сих пор пытаются перетянуть Лихачёва на свою сторону. Думаю, в этом смысле прав был С.С. Аверинцев, заявляя: “Тезис о существенно европейской субстанции России был в его устах не отвлечённым положением, но чем-то вроде личного самоопределения. Конечно, он-то принадлежал Европе – той Европе чуть ли не Венского конгресса, которая нынче жива разве что в красоте нескольких старцев его поколения и тоже уходит в каждом из них” [9].

Д.С. Лихачёв выдвинул чрезвычайно важный тезис о значении границы в культуре, о границе, которая одновременно разделяет и объединяет. Огромное значение имеют его соображения о роли пограничных явлений в культуре. Он отрицательно относился к идее особого предназначения России, о её особом пути, особой миссии – миссии служить примером, опекать мир и спасать мир. В этом смысле Советская Россия была ещё последовательней и радикальней, чем Россия предреволюционная. Лихачёв не уставал повторять, что никакой особой миссии у России никогда не было и нет. А есть такая же непростая задача, что и у любой другой страны, сохранять национальное своеобразие, заботиться о своих гражданах и жить в мире с другими народами.

Размышляя о том, каким образом следует отметить юбилей Д.С. Лихачёва, прежде всего нужно напомнить о нём нашим современникам, привлечь внимание молодёжи к его личности. Но и мы сами можем увидеть в нём, в его наследии, в его позиции то, что не было замечено раньше. На мой взгляд, динамическое напряжение между западниками и славянофилами – одно из проявлений пограничного положения России и в принципе позитивно. Но для меня вдруг стало ясно, что именно Лихачёв поразительным и уникальным образом преодолевал и преодолел это противоречие, примирив оба этих начала в себе.

Писатель Д.А. Гранин подсказал мне, что Дмитрий Сергеевич был одним из самых законченных, идеальных и убедительных воплощений русского донкихотства. И я, всю жизнь изучая феномен русского донкихотства, вдруг вспомнил замечательное и мало кому известное размышление Достоевского.

В 1877 г. в “Дневнике писателя” он выдвинул подлинно донкихотовскую идею, то есть, с одной стороны, гениальную по своей простоте и общедоступности, а с другой, как мне показалось, абсолютно утопическую по своей неосуществимости. Речь шла о реальной (с точки зрения Достоевского) возможности преодолеть раскол между славянофилами и западниками, о проникнутой почти экуменистским



Д.С. Лихачёв в домашней обстановке. 1987 г.
D.S. Likhachev at home. 1987

пафосом возможности объединить в лоне донкихотства не только всю русскую интеллигенцию, но и весь русский народ: “Древний легендарный рыцарь верил, что пред ним падут все препятствия, все призраки и чудовища и что он победит всё и всех и всего достигнет, если только верно сохранит свой обет «справедливости, целомудрия и нищеты”. Вы скажете, что всё это легенды и песни, которым может верить один Дон Кихот, и что совсем не таковы законы действительной жизни нации... В самом деле, чему вы верите? Вы верите (да и я с вами) в общечеловечность, то есть в то, что падут когда-нибудь, перед светом разума и сознания, естественные преграды и предрассудки, разделяющие до сих пор свободное общение наций эгоизмом национальных требований, и что тогда только народы заживут одним духом и ладом, как братья, разумно и любовно стремясь к общей гармонии. Что ж, господа, что может быть выше и святее этой веры вашей? И главное ведь то, что веры этой вы нигде в мире более не найдете, ни у какого, например, народа в Европе, где личности наций чрезвычайно резко очерчены, где если есть эта вера, то не иначе как на степени какого-нибудь ещё умозрительного только сознания, положим пылкого и пламенного, но всё же не более как кабинетного. А у вас, господа, то есть не то что у вас, а у нас, у нас всех, русских, эта вера есть вера всеобщая, живая, главнейшая; все у нас этому верят и сознательно и просто, и в интеллигентном мире и живым чутьём в простом народе, которому и религия его повелевает этому самому верить. Да, господа, вы думали, что вы только одни “общечеловеки” из всей интеллигенции русской, а остальные только славянофилы да националисты? Так вот нет же: славянофилы-то и националисты-то верят точь-в-точь тому же самому, как и вы, да ещё крепче вашего» [10, с. 19–20]. Выстраданная Достоевским идея о своеобразном объединении всей русской интеллигенции под знаком донкихотства, на основе веры в “общечеловечность” – это итог его многолетних раздумий о её расколе.

Если и есть у России “особая” миссия, то она, согласно Лихачёву, состоит в том, чтобы сохранять свою самобытную культуру. Именно этим каждый народ и интересен, в этом и состоит диалог культур. Дмитрий Сергеевич придавал диалогу культур огромное значение прежде всего потому, что он сам всегда был нацелен на диалог. Он был велик в том числе и своими собеседниками, людьми нескольких поколений. Сначала он учился у них (особенно на Соловках, где его окружал цвет русской интеллигенции), затем беседовал на равных, а потом уже учились у него. Его собеседниками были такие выдающиеся люди, как религиозные философы С.А. Аскольдов (Алексеев) и А.А. Мейер, филолог В.М. Жирмунский, академики Б.В. Раушенбах и А.Д. Сахаров, А.И. Солженицын. К его мнению прислушивались Папа Римский Иоанн Павел II, Вацлав Гавел, королева Великобритании Елизавета II.

Приведу ещё один пример мифа, в котором закапсулированы наши представления. Многие убеждены, что Лихачёв писал только о русской культуре, только ею интересовался. Это не так и не могло быть так. Он родился в Санкт-Петербурге, одной из европейских столиц. Поступив в университет на филологический факультет, он выбрал романо-германскую секцию, но сразу стал заниматься и на славяно-русской, его дипломные работы были посвящены двум темам: рецепции Шекспира в России в конце XVIII – самом начале XIX в. (о чём мало кто знает) и повестям о патриархе Никоне. Одним из его учителей в университете стал выдающийся лингвист, литературовед и фольклорист В.М. Жирмунский. Поэтому нет ничего удивительного в том, что впоследствии Лихачёв внёс огромный вклад в изучение роли Византии, Скандинавии и южных славян в становлении России, что он всю жизнь размышлял о месте русской литературы в контексте культуры мировой. Особенно примечательны в этом отношении такие работы Лихачёва, как “Три основы европейской культуры и русский исторический опыт”, “О русском и чужестранном”, “Два русла русской культуры”.

Размышляя о закономерностях русско-византийских литературных отношений, Лихачёв сформулировал закон, имеющий едва ли не универсальный смысл для понимания межкультурных связей: «Сейчас подчеркнём одну особенность этих внутренних потребностей культуры: потребности эти сказываются сильнее и определённее в переносе целого, чем в переносе отдельных элементов культуры, её единичных проявлений. Создание той или иной рукописи памятника, того или иного перевода, переделки, свода исторических или природоведческих сочинений может быть вызвано случайными причинами: переездом того или иного лица, частными потребностями монастыря, индивидуальными склонностями заказчика, но в явлениях массового характера, повторяющихся, связанных друг с другом, всегда сказываются общие потребности, потребности общества, а не отдельных лиц, потребности закона, а не “благодати”, потребности необходимости, а не свободы» [11, с. 20].

Лихачёв, безусловно, был явлением петербургской культуры. Он проникновенно писал о великих петербургских горизонталях, но он и сам напоминал город, который так любил. Он был гармоничен, ясен, примирял в себе противоречия. В статье “Древний Новгород как столица – предшественник Петербурга” находим изумительный по красоте пассаж о России, “причалившей” к Европе: «Устье, на котором воздвигнут Петербург, – на границе моря и реки... Здесь, на границе с морем, Россия как бы браталась с Европой, причаливала к Европе, создавала свою культуру, которая, в сущности, не была ни Европой, ни “Московией”. Здесь Россия, “причалив” к Европе, не сделалась Европой – но и “Московией” не осталась» [1, с. 129].

После кончины Андрея Дмитриевича Сахарова Д.С. Лихачёв в своём прощальном слове на митинге в Лужниках сказал: “В сущности, Сахаров никогда не стремился поразить оригинальностью взглядов, высказать что-то такое, чего не смог бы сказать никто другой. Он всегда говорил и писал о простых человеческих истинах, которые в свободной, демократической стране воспринимаются как нечто совершенно естественное, обыденное. Но в государстве, где обыкновенному человеку запрещено говорить обыкновенные вещи, они, высказанные вслух, становились



Дмитрий Сергеевич Лихачёв. Комарово. 1982 г.
Dmitry Likhachev. Komarovo, 1982

откровением. Не исключительность, а обыденность тех истин, которые отстаивал Андрей Дмитриевич Сахаров как политик, потрясала людей. Потому что когда в изолгавшемся обществе один человек говорит правду, каждое сказанное им слово обретает особый смысл" [12, с. 626]. Поразительно, но спустя годы о нём самом те, кто хорошо знал его и любил, говорят сейчас абсолютно те же слова.

Лихачев как учёный-филолог сумел стать авторитетом одновременно для интеллигенции, власти и народа. Этого никогда не было в России, но этого никогда не было и в мире. Либо для интеллигенции, либо для власти, либо для народа. Казалось бы, это невозможно, но это произошло.

Можно долго фантазировать на тему, кем был бы Лихачёв, если бы не было советской власти, если бы он не попал на Соловки и т.д. Зная его творческое наследие, можно сказать, кем он стал. Все мы убеждены в том, что он был великим учёным. Многим, и мне в том числе, кажется, что он был замечательным писателем и мыслителем. Дмитрию Сергеевичу был 21 год, когда он в 1928 г. прочитал первый свой доклад в защиту "старой, традиционной, освящённой, исторической русской орфографии, попранной и искажённой врагом Церкви Христовой и народа российского", который едва не стоил ему жизни. После этого всю жизнь он прежде всего был Хранителем, который сберегал и защищал всё традиционное, освящённое, историческое в России, в русской истории, в русской культуре, в русском народе. Хранителем он оставался и когда стал градозащитником, и когда писал труды об экологии культуры и "Декларацию прав культуры". В том, чтобы быть Хранителем, и были его призвание и судьба. Неслучайно он был убеждён в том, что собрание пушкинских рукописей в Пушкинском Доме – это пост № 1 России.

На протяжении долгого времени в Императорскую Академию наук входили лишь филологи, изучавшие языки и словесность, историки, в том числе те, кто исследовал и публиковал памятники письменности, а также известные писатели, но со временем участие в её деятельности выдающихся представителей точных и естественных наук становилось всё более заметным. Более всего Д.С. Лихачёв напоминает последнего представителя раннего этапа существования академии, детства и юности российской науки, того прекрасного периода в её истории, когда она была неотторжима от литературы и искусства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Лихачёв Д.С. *Воспоминания. Раздумья.* Работы разных лет. Т. 1. СПб.: Издательство АРС, 2006.
   [Likhachev D.S. *Memoirs. Reflections.* Works from Various Years. Vol. 1. St. Petersburg: ARS Publishers, 2006. (In Russ.)]
2. *Face à la Création. La responsabilité de l'homme*. Rencontre entre l'Est et l'Ouest. Paris.: MAME, 1996.
3. *Декларация прав культуры* (проект). М.: СПбГУП, 1996.
   [*Declaration of the Rights of Culture* (draft). M.: SPbGUP, 1996. (In Russ.)]
4. Лихачёв Д.С. Культура как целостная динамическая среда. Лихачёв Д.С. *Очерки по философии художественного творчества*. СПб.: БЛИЦ, 1999.
   [Likhachev D.S. Culture as an Integral Dynamic Environment. Likhachev D.S. *Essays on the Philosophy of Artistic Creation*. St. Petersburg: BLITS, 1999. (In Russ.)]
5. Лихачёв Д.С. Экология культуры. Лихачёв Д.С. *Русская культура*. СПб.: Искусство-СПб., 2007. С. 98.
   [Likhachev D.S. The Ecology of Culture. Likhachev D.S. *Russian Culture*. St. Petersburg: Iskusstvo-SPb., 2007. P. 98. (In Russ.)]

6. Лихачёв Д.С. Без тумана ложных обобщений. *Русские утопии*. СПб.: Альманах "Канун". СПб., 1995.
[Likhachev D.S. Without the Fog of False Generalizations. Russian Utopias. St. Petersburg: "Kanun" Almanac, 1995. (In Russ.)]
7. Лихачёв Д.С. Первые семьсот лет русской литературы. *Изборник* (Сборник произведений Древней Руси) / Сост. и общая ред. тома Л.А. Дмитриев, Д.С. Лихачёв. М.: Художественная литература, 1969.
[Likhachev D.S. The First Seven Hundred Years of Russian Literature // *Izbornik* (Collection of Works from Ancient Rus) / Compiled and edited by L.A. Dmitriev and D.S. Likhachev. Moscow: Khudozhestvennaya Literatura, 1969. (In Russ.)]
8. Лихачёв Д.С. *Об интеллигенции*. СПб.: Альманах "Канун", 1996.
[Likhachev D.S. *On the Intelligentsia*. St. Petersburg: "Kanun" Almanac, 1996. (In Russ.)]
9. Аверинцев С.С. Академик Дмитрий Сергеевич Лихачёв. *Литературная газета*. 1999, № 40, 6–12 октября.
[Averintsev S.S. Academician Dmitry Sergeyevich Likhachev. *Literaturnaya Gazeta*. 1999, no. 40, October 6–12. (In Russ.)]
10. Достоевский Ф.М. *Полн. собр. соч.*: В 30 т. Т. 25. Л.: Наука, 1983.
[Dostoevsky F.M. *Complete Collected Works*: In 30 vols. Vol. 25. Leningrad: Nauka, 1983. (In Russ.)]
11. Лихачёв Д.С. *Развитие русской литературы X–XVII веков*. Л.: Наука, 1973.
[Likhachev D.S. *The Development of Russian Literature from the 10th to the 17th Century.* Leningrad: Nauka, 1973. (In Russ.)]
12. Лихачёв Д.С. Он спасал нашу честь. Слово об А.Д. Сахарове [Произнесено в Лужниках на митинге, посвящённом кончине А.Д. Сахарова]. Лихачёв Д. *Раздумья о России*. СПб.: Logos, 2006.
[Likhachev D.S. He Saved Our Honor: A Tribute to A.D. Sakharov [Delivered at a rally in Luzhniki marking the passing of A.D. Sakharov]. Likhachev D. *Reflections on Russia*. St. Petersburg: Logos, 2006. (In Russ.)]

ЭТЮДЫ ОБ УЧЁНЫХ
PROFILES

DOI: 10.7868/S3034520026110081

Обзор

БЕЗВОЛЬФРАМОВЫЕ ТВЁРДЫЕ СПЛАВЫ: РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ

К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА Г.П. ШВЕЙКИНА

А.В. Дерябина*, Е.В. Поляков, В.Г. Бамбуров

Институт химии твёрдого тела Уральского отделения Российской академии наук, 620078, Екатеринбург, Российская Федерация
**E-mail: deryabina@ihim.uran.ru*

Аннотация. Статья посвящена деятельности академика Геннадия Петровича Швейкина – известного специалиста в области высокотемпературного синтеза и исследования свойств тугоплавких нестехиометрических соединений переходных и редкоземельных металлов и их твёрдых растворов, разработки новых полупроводников, жаро- и механически прочных коррозионностойких материалов. Фундаментальные и прикладные работы, проведённые под руководством Г.П. Швейкина, внесли существенный вклад в теоретическое обоснование процессов, протекающих при карботермическом восстановлении оксидов ниобия, тантала, титана и циркония. Впервые был разработан и внедрён на производстве новый класс сложных соединений – оксикарбонитридных переходных металлов IV–V групп таблицы Д.И. Менделеева.

Ключевые слова: безвольфрамовые твёрдые сплавы, карбонитрид титана, Институт химии Уральского научного центра АН СССР, Кировградский завод твёрдых сплавов

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России для Федерального государственного бюджетного учреждения науки “Институт химии твёрдого тела Уральского отделения Российской академии наук” (темы № 124020600007-8, 0397-2019-0004, УрО РАН 18-3-3-5).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Авторы внесли равный вклад в подготовку статьи.

Ссылка для цитирования: Дерябина А.В., Поляков Е.В., Бамбуров В.Г. Безвольфрамовые твёрдые сплавы: разработка и внедрение. *К 100-летию со дня рождения академика Г.П. Швейкина*. *Вестник РАН / Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2026. Том 96. № 11. С. 998–1007. https://doi.org/10.7868/S3034520026110081

Поступила в редакцию 03.04.2026
После доработки 20.04.2026
Принята к публикации 30.04.2026

ДЕРЯБИНА Александра Владимировна – кандидат исторических наук, руководитель архива ИХТТ УрО РАН, Екатеринбург, Российская Федерация, e-mail: deryabina@ihim.uran.ru, https://orcid.org/0009-0002-6821-5190.
ПОЛЯКОВ Евгений Валентинович – доктор химических наук, главный научный сотрудник, ИХТТ УрО РАН, Екатеринбург, Российская Федерация, e-mail: polyakov@ihim.uran.ru, https://orcid.org/0000-0001-7432-994X.
БАМБУРОВ Виталий Григорьевич – член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник ИХТТ УрО РАН, Екатеринбург, Российская Федерация, e-mail: bam@ihim.uran.ru, https://orcid.org/0000-0002-1011-3338.

© Дерябина А.В., Поляков Е.В., Бамбуров В.Г., 2026

ЭТЮДЫ ОБ УЧЁНЫХ
PROFILES

DOI: 10.7868/S3034520026110081 Review

TUNGSTEN-FREE HARD ALLOYS: DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION

ON THE 100TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF ACADEMICIAN G.P. SHVEIKIN

A.V. Deryabina*, E.V. Polyakov, V.G. Bamburov

The Institute of Solid State Chemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ural Department of the Russian Academy of Sciences, 620078, Yekaterinburg, Russian Federation
**E-mail: deryabina@ihim.uran.ru*

Abstract. This article is dedicated to the work of Academician G.P. Shveikin, a renowned specialist in the field of high-temperature synthesis and research into the properties of refractory non-stoichiometric compounds of transition and rare-earth metals and their solid solutions, as well as the development of new semiconductors and heat- and mechanically strong corrosion-resistant materials. Fundamental and applied research conducted under the supervision of G.P. Shveikin made a significant contribution to the theoretical underpinning of the processes occurring during the carbothermic reduction of niobium, tantalum, titanium, and zirconium oxides. A new class of complex compounds – oxycarbonitride transition metals of Groups IV–V of the Periodic Table – was developed and industrially implemented for the first time.

Keywords: tungsten-free hard alloys, titanium carbonitride, Institute of Chemistry, Ural Scientific Center, USSR Academy of Sciences, Kirovgrad Hard Alloy Plant

Funding. This work was supported by a state assignment from the Russian Ministry of Education and Science to the Federal State Budgetary Scientific Institution “Institute of Solid State Chemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences” (subject no. 124020600007-8).

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Author' contributions. The authors contributed equally to the preparation of this article.

For citation: Deryabina A.V., Polyakov E.V., Bamburov V.G. Tungsten-free hard alloys: development and implementation. *On the 100th anniversary of the birth of academician G.P. Shveikin. Vestnik Rossijskoj Akademii Nauk / Herald of the Russian Academy of Sciences.* 2026, vol. 96, no. 11, pp. 998–1007. (In Russ.) https://doi.org/10.7868/S3034520026110081

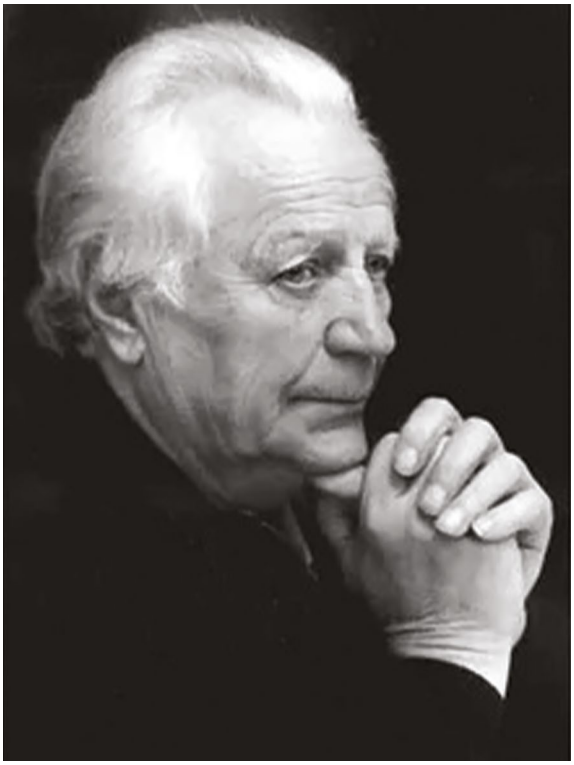
Received April 03, 2026
Revised April 20, 2026
Accepted April 30, 2026

DERYABINA Alexandra V. – Candidate of Sciences (Hist.), Head of the Archives of the Institute of Solid State Chemistry, Ural Department of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation, e-mail: deryabina@ihim.uran.ru, https://orcid.org/0009-0002-6821-5190. POLYAKOV Evgeny V. – Doctor of Sciences (Chemistry), Chief Researcher, Institute of Solid State Chemistry, Ural Department of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation, e-mail: polyakov@ihim.uran.ru, https://orcid.org/0000-0001-7432-994X. BAMBUROV Vitaly G. – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, Institute of Solid State Chemistry, Ural Department of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation, e-mail: bam@ihim.uran.ru, https://orcid.org/0000-0002-1011-3338.

© Deryabina A.V., Polyakov E.V., Bamburov V.G., 2026

29 августа 2026 г. исполнилось 100 лет со дня рождения академика Геннадия Петровича Швейкина – известного российского учёного, специалиста в области высокотемпературной неорганической химии тугоплавких соединений. Г.П. Швейкин, наряду с академиками В.В. Болдыревым и Ю.Д. Третьяковым, был организатором нового для отечественной физической химии направления – химии твёрдого тела. К настоящему времени эта область стала основой наук о материалах, позволила совместить методы неорганической и физической химии, стимулировала развитие новых методов тонкого неорганического синтеза, применение физических методов компьютерного квантово-химического моделирования и молекулярной динамики [1].

Одно из важных направлений научной деятельности Г.П. Швейкина связано с разработкой технологии получения твёрдых сплавов на основе карбонитрида титана (КНТ) и её внедрением в промышленное производство. Отметим, что актуальность безвольфрамовых твёрдых сплавов (БВТС), или керметов, как перспективных материалов нового поколения для металлообрабатывающих инструментов сохраняется и в наши дни [2]. Лидером по производству БВТС остаётся Япония, которая раньше других приступила к научным исследованиям в этой области, и сегодня в стране используются уникальные технологии и оборудование, в том числе для получения составляющих компонентов (порошков) с домикронной величиной [3, 4].



Академик Геннадий Петрович Швейкин (1926–2019)
Фото С.Г. Новикова
Academician Gennady Shveikin (1926–2019)
Foto S.G. Novikov

Геннадий Петрович Швейкин родился 29 августа 1926 г. в г. Карабаше (Челябинская обл.) в семье Петра Селивёрстовича и Татьяны Константиновны Швейкиных. Отец был потомственным кузнецом и работал на Карабашском медеплавильном заводе. Трудовую деятельность Г.П. Швейкин начал в 1942 г., когда был мобилизован в школу фабрично-заводского обучения, в которой он освоил специальность токаря-универсала и был принят на Карабашский медеплавильный завод. В 1945 г. Швейкин поступает на металлургический факультет Уральского индустриального института им. С.М. Кирова, а весной 1949 г. его направляют на только что созданный физико-технический факультет. В декабре 1950 г. состоялся выпуск первых специалистов свердловского физтеха, в числе которых был и инженер по специальности “металлургия цветных металлов” Геннадий Петрович Швейкин. Дальнейшая его судьба будет связана с научной работой в стенах Института химии и металлургии Уральского филиала АН СССР (УФАН СССР).

Фундамент научной работы по твёрдым сплавам был заложен многолетними исследованиями коллектива Института химии и металлургии УФАН СССР (в дальнейшем Институт химии Уральского научного центра АН СССР – УНЦ АН СССР). Отправной точкой в будущих исследованиях безвольфрамовых твёрдых сплавов стала успешно решённая проблема создания технологий получения чистых редких металлов: титана, ванадия, ниобия. Эти исследования проводил коллектив лаборатории химии редких элементов под руководством доктора технических наук А.К. Шаровой [5]. Младший научный сотрудник Швейкин подключился к разработке темы карботермического восстановления оксидов с получением редких металлов. В 1953 г. он поступил в аспирантуру (научный руководитель доктор технических наук Н.В. Деменёв) и занялся поиском карботермических методов синтеза металлического ниобия из оксидного сырья. С этой задачей молодой учёный успешно справился и в 1958 г. защитил кандидатскую диссертацию по углетермическому восстановлению пятиокиси ниобия.

Уже в этот период формируется отличительная особенность научной деятельности Г.П. Швейкина – тесное взаимодействие с промышленными предприятиями, освоение лабораторных результатов в заводских цехах. Совместно с Государственным научно-исследовательским и проектным институтом редкометаллической промышленности (“Гиредмет”) и Иртышским химико-металлургическим заводом была создана технологическая схема получения металлического ниобия и сплавов на его основе, в которой удалось реализовать углетермическую схему восстановления пятиокиси ниобия до металла.

В 1960 г. Г.П. Швейкин был утверждён в звании старшего научного сотрудника по специальности “химия редких элементов”. С этого времени начинается новый этап в его научной деятельности – становление руководителя научного коллектива. В декабре 1960 г. Учёный совет Института химии УФАН СССР принял решение о формировании на правах лаборатории группы, в задачи которой входило выполнение

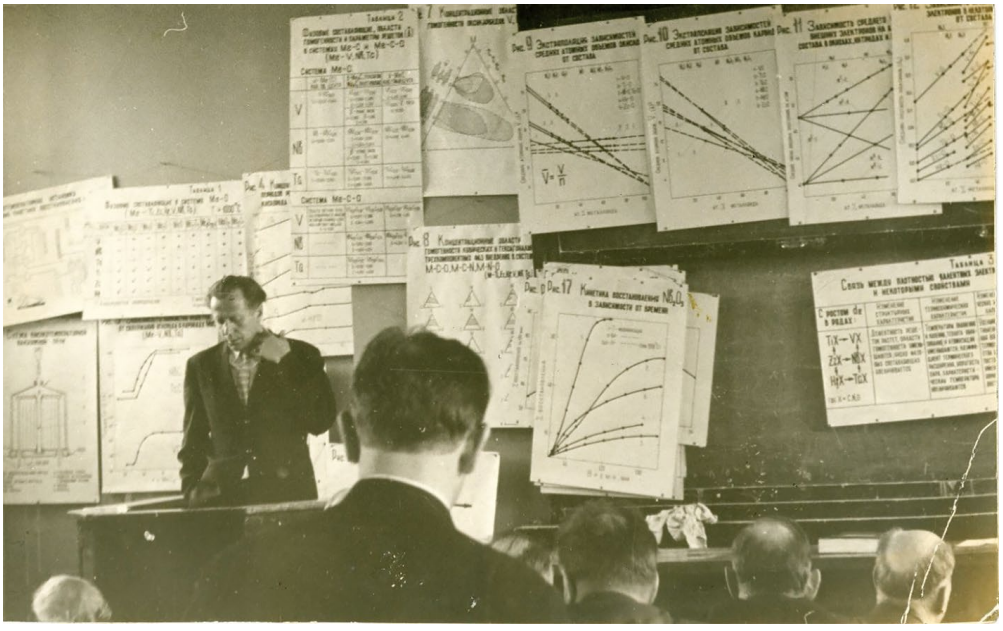
физико-химических исследований соединений тугоплавких соединений редких элементов при высоких температурах [6]. В группу вошли В.Г. Гайдуков, Р.А. Климов, И.И. Матвеенко, В.Д. Любимов, В.А. Переляев и В.К. Огородников. На должность заведующего лаборатории тугоплавких соединений был избран Швейкин.

Новая лаборатория приступила к работам в области синтеза и изучения физико-химических свойств оксидов, карбидов элементов IV–VI А групп Периодической системы Д.И. Менделеева, твёрдых растворов на их основе. Проводились исследования по высокотемпературному синтезу серий кубических структур чистых тугоплавких соединений, установлению их кристаллохимических, термохимических, кинетических, диффузионных, электрических, магнитных характеристик, механохимических свойств новых соединений и их химической устойчивости в разных средах. Большую помощь в становлении фундаментальных исследований молодому коллективу оказал член-корреспондент АН СССР П.В. Гельд [7–11].

Лаборатория тугоплавких соединений занималась разработкой оптимальных режимов получения чистых тугоплавких металлов. В ходе исследований выяснилось, что восстановление оксидов переходных металлов происходит через образование промежуточных продуктов (оксидов, карбидов, оксикарбидов), которые требовали глубокого изучения. Сотрудники лаборатории исследовали тройные системы Ti–C–O, V–C–O, Ta–C–O, результаты были обобщены Г.П. Швейкиным в докторской диссертации, посвящённой физико-химическим исследованиям оксидов, карбидов и оксикарбидов ванадия, ниобия и тантала. Так были заложены научные основы решения практических задач получения тугоплавкой и механически устойчивой металлокерамики, твёрдых сплавов, термически стойкого и недорогого режущего инструмента для обработки металлов.

Другое направление исследований было связано с изучением соединения титана в рамках более широкой системы кубических твёрдых растворов Ti-C-N-O, оксикарбидов, оксинитридов и карбонитридов титана. В этой системе были обнаружены области составов, проявляющие более широкий набор физико-химических свойств, которые можно было использовать в практике создания инструментальных материалов. Начались исследования новых материалов, характеризующихся жаропрочностью, высокой твёрдостью, устойчивостью к сложным видам деформации и износостойкостью, стойкостью к окислению на воздухе и агрессивным химическим воздействиям благодаря повышенной тепло- и электропроводности. В лабораторных условиях из смеси TiC и TiN были получены образцы металлокерамики на основе соединений переменного состава TiC_xN_y.

По договорённости между Всесоюзным научно-исследовательским и проектным институтом тугоплавких металлов и твёрдых сплавов (ВНИИТС), Кировградским заводом твёрдых сплавов (КЗТС) и лабораторией тугоплавких соединений Института химии УФАН СССР в 1970 г. изучались физико-химические свойства (твёрдость, окалиностойкость, стойкость в кислотах и т.д.) карбонитридов титана различного состава, а также возможности их применения в качестве одного из компонентов при производстве твёрдых сплавов. Удалось доказать, что соединения с участием карбонитрида титана (КНТ) являются более твёрдыми по сравнению с карбидом титана и что технология получения КНТ не требует значительного аппаратурного изменения уже существующей на КЗТС технологии.



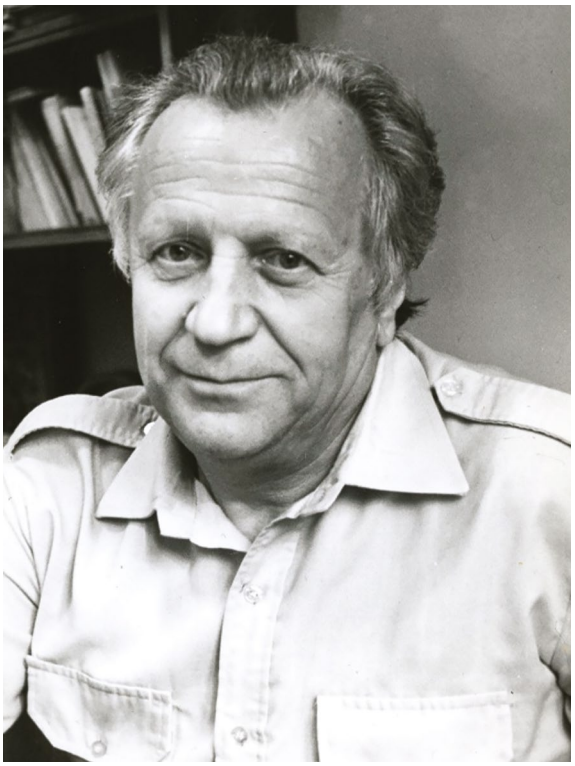
Геннадий Петрович Швейкин на защите докторской диссертации. Свердловск, 1970 г.
G.P. Shveikin at the defense of his doctoral thesis. Sverdlovsk, 1970

Разработчики КНТ установили лучший по совокупности параметров состав композиции. Исследования показали, что механические свойства КНТ можно значительно улучшить путём уменьшения размера частиц исходной шихты, изменения соотношения между компонентами металлической связки и карбонитридом титана, проведения высокотемпературного спекания в атмосфере водорода [12]. Были получены образцы сплавов двух составов – с 12 и 20% никеля и молибдена (в зависимости от объёмного содержания связки они получили обозначение КНТ12, КНТ20 и т.д.). ВНИИТС совместно с Институтом химии УФАН СССР провёл опыты по спеканию в вакуумных печах изделий из смеси Ti(C,N)+Ni(Mo) составов КНТ12 и КНТ20. Удалось получить образцы сплавов с показателями прочности при изгибе и твёрдости, эквивалентными стандартам титановольфрамокобальтовых сплавов.

Следующий этап был связан с разработкой промышленной технологии производства твёрдых сплавов на основе карбонитрида титана, не содержащих вольфрама. Постановлением ГК Совмина СССР по науке и технике от 28.05.1973 г. № 189 предписывалась организация на Кировградском заводе твёрдых сплавов опытно-промышленного производства указанных сплавов. Научное руководство работами по данному производству было возложено на ВНИИТС (доктор технических наук В.И. Третьяков), в разработке темы участвовали: Институт химии УНЦ АН СССР (доктор технических наук Г.П. Швейкин), КЗТС (Е.К. Плаксин), Свердловский филиал СПТБ “Оргпримтвердосплав” (В.С. Самойлов, Д.С. Элинсон) [13].

Творческим коллективом этой группы организаций была выполнена большая работа по уточнению режимов получения карбонитрида титана, размола и спекания. Результатом стала промышленная технология получения твёрдых сплавов на основе карбонитрида титана с никель-молибденовой связкой (сплав КНТ16). На КЗТС в течение 1973–1974 гг. на производственном оборудовании была отработана промышленная технология получения сплава КНТ16, изготовлено девять промышленных партий смесей общим весом 720 кг и выпущено 50 тыс. штук изделий в виде режущих пластин и многогранных неперетачиваемых пластин. На КЗТС в цехе № 1 организовали участок по выпуску сплавов КНТ производительностью 6 тонн в год, подготовили условия для организации опытно-промышленного выпуска сплавов ещё двух составов – КНТ20 и КНТ30. В испытании опытных партий пластин из сплава КНТ16 участвовали 22 предприятия, в том числе Уралмашзавод, Уралхимашзавод, Турбомоторный завод, ЧТЗ, Ижевский машзавод, Пермский завод им. Свердлова, Верхне-Салдинский металлообрабатывающий завод и др. По результатам испытаний намечено внедрение сплава КНТ16 на промышленных предприятиях для обработки резанием определённых видов сталей.

Новая технология получения безвольфрамовых твёрдых сплавов была защищена авторскими свидетельствами СССР [14–16], запатентована в США (патент № 4212670), Великобритании (патент № 1478606),



Геннадий Петрович Швейкин – директор Института химии Уральского научного центра АН СССР. Свердловск, 1980-е годы

G.P. Shveikin, Director of the Institute of Chemistry at the Ural Scientific Center of the USSR Academy of Sciences. Sverdlovsk, 1980s

ФРГ (патент 2502559), Франции (а.с. № 2339677), Японии (патент № 1151108), Австрии (патент № 356912), Чехословакии (патент № 177400), ГДР (патент № 123078). В СССР с 1976 г. был налажен серийный выпуск безвольфрамовых твёрдых сплавов марки КНТ16 состава $TiC_{0,5}N_{0,5}$ с Ni-Mo связующими в соответствии с указанными авторскими свидетельствами. КЗТС поставлял этот сплав на более чем 170 металлообрабатывающих заводов. Сплав использовался при точении и фрезеровании конструкционных сталей, серых чугунов, алюминия, бронзы взамен твёрдого сплава Т15К6.

Разработку сплавов на основе карбонитрида титана Швейкин позже описывал так: «Теоретический “фундамент” был подготовлен раньше. Мы глубоко изучили не только сами соединения, но и методы их получения. И сразу как была поставлена задача – найти замену вольфрамовым сплавам – отобрали класс соединений на основе карбида титана. Титан четвёртый по природной распространённости металл. Урал особенно богат титаном... Фундаментальные исследования экономически эффективны тем, что позволяют вскрыть закономерности строения вещества, а зная закономерности, мы знаем, как решить частную задачу или как построить нужное соединение, а затем и материал на его основе... Трудно разграничить с точностью, где кончается теоретическая часть и начинается

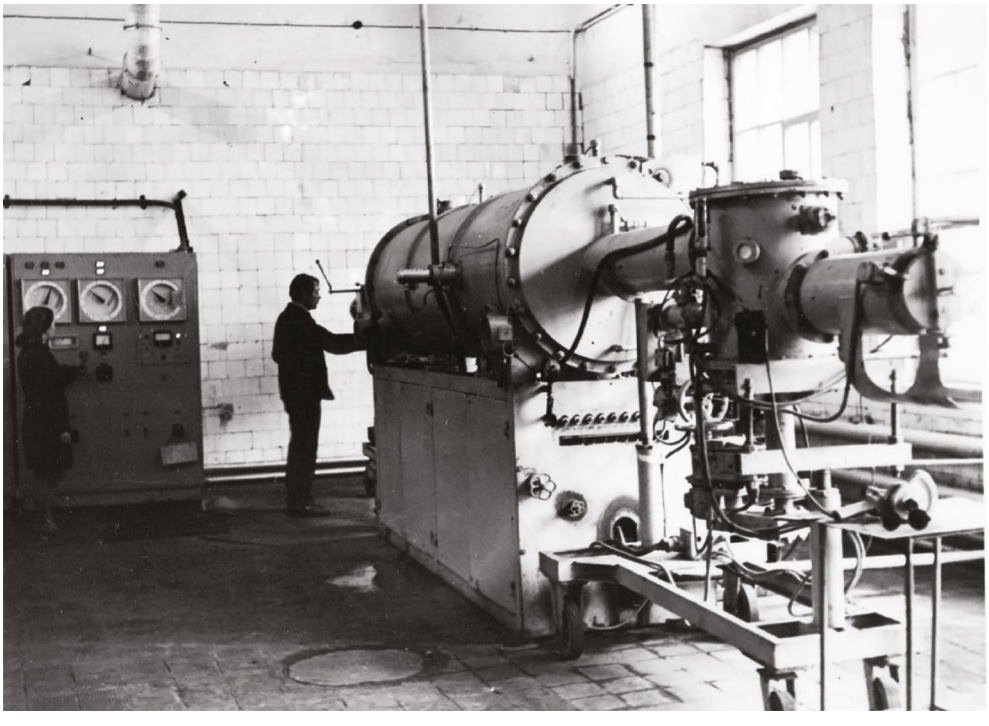
экспериментальная. Так что назову тех, кто участвовал в исследованиях: член-корреспондент АН СССР П.В. Гельд из УПИ им. С.М. Кирова, старшие научные сотрудники нашего института доктора химических наук В.А. Цхай, С.И. Алямовский, В.Д. Любимов, кандидат химических наук Л.Б. Дубровская, кандидат технических наук Б.В. Митрофанов...» [17].

В 1980 г. Институт химии совместно с КЗТС приступил к разработке нового безвольфрамового твёрдого сплава с более широкими функциональными возможностями и диапазоном использования. Научная проблема "Разработать технологические процессы и освоить производство изделий из твёрдых и сверхтвёрдых материалов, обеспечивающих повышение стойкости инструмента на их основе в 1.5–8.0 раз и рост производительности труда в 1.5–2.0 раза" была утверждена приказом-распоряжением Министерства цветной металлургии СССР и Президиума УНЦ АН СССР 18 декабря 1985 г. за № 679.

Под руководством академика Швейкина творческие коллективы Института химии УНЦ АН СССР (В.Д. Любимов, Б.В. Митрофанов, Д.С. Элинсон, С.И. Алямовский и др.) и КЗТС (А.Д. Пельц, Ю.А. Казаков и др.) разработали безвольфрамовый твёрдый сплав ЛЦК20, синтезированный на основе легированного цирконием карбонитрида титана. При подготовке технологии ЛЦК20 основное внимание уделялось возможности организации производства на действующем оборудовании завода без существенных капитальных затрат на его реконструкцию. КЗТС с 1986 г. выполнял государственный план по производству безвольфрамового твёрдого сплава ЛЦК20. Промышленные испытания прошли на 93 металлообрабатывающих предприятиях СССР. Они показали повышенную износостойкость сплава и его относительно высокое сопротивление ударным нагрузкам. Новый сплав успешно конкурировал со стандартными вольфрамитсодержащими сплавами группы ТК (Т15К6, Т14К8 и отчасти Т5К10) [18].

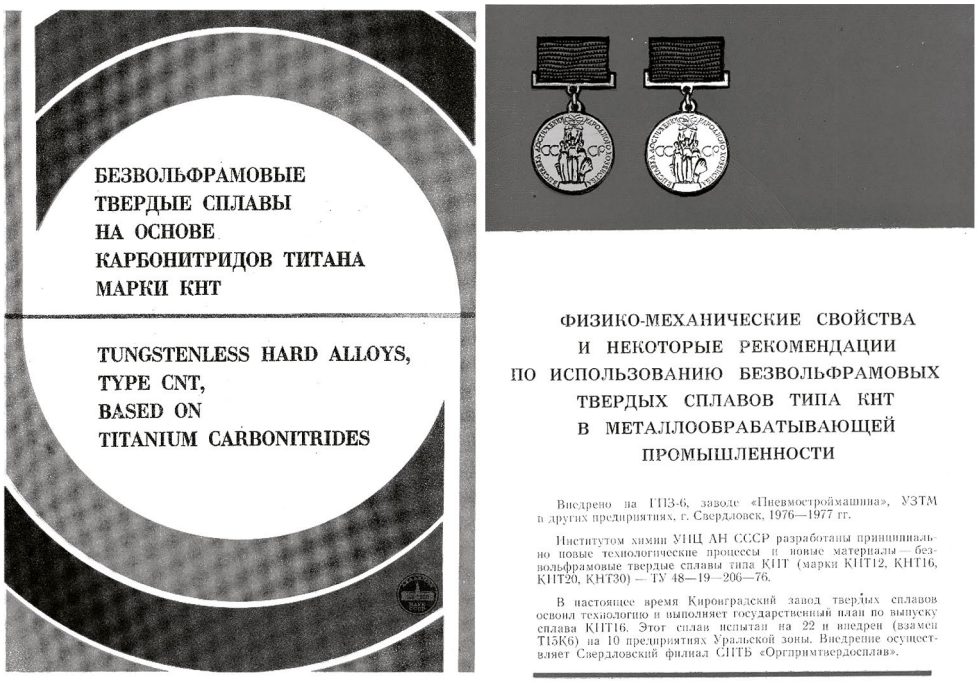
Работы уральских учёных в области новых технологий безвольфрамовых твёрдых сплавов были удостоены Диплома и Золотой медали Международной Лейпцигской ярмарки, а также диплома, золотой, серебряной и бронзовой медалей ВДНХ СССР. В справке о наиболее эффективных разработках Уральского отделения АН СССР, рекомендованых к внедрению на предприятиях Свердловской области, за 1988 г. отмечено, что «безвольфрамовые твёрдые сплавы не имеют аналогов в мире. Сегодня представители этих сплавов выпускаются Кировградским заводом твёрдых сплавов в объёме 30 тонн в год. Эта продукция используются более чем на 300 предприятиях отраслей машиностроения и металлообработки. По данным ВПО "Союзтвердосплав", потребности народного хозяйства – 400 тонн в год. Совокупный экономический эффект от внедрения составил около 90 миллионов рублей в год» [19].

Следующим из линейки безвольфрамовых твёрдых сплавов, разработанным сотрудниками Института химии УрО АН СССР на рубеже 1980–1990-х годов, стал сплав СОТ30 [16], созданный оригинальным методом



Кировградский завод твёрдых сплавов, вакуумная печь, используемая для спекания изделий из сплавов КНТ. Кировград, Свердловская область, 1980-е годы

Kirovgrad Hard Alloy Plant, a vacuum furnace used for sintering titanium carbonitride-based alloys products. Kirovgrad, Sverdlovsk Region, 1980s



Информационные листки АН СССР и Центра научно-технической информации. 1977–1978 гг.

Information sheets of the USSR Academy of Sciences and the Center for Scientific and Technical Information. 1977–1978

химического конструирования в ходе жидкофазного спекания. На Кировградском заводе твёрдых сплавов была отработана технология промышленного получения этого продукта и выпущены его первые опытно-производственные партии [20].

За период с 1976 по 1993 г. творческим коллективом под руководством Швейкина было осуществлено промышленное освоение и внедрение в производство, в основном в металлообрабатывающие отрасли, трёх марок безвольфрамовых твёрдых сплавов: КНТ16 (1976–1986), ЛЦК20 (1986–1991) и СОТ30 (1991–1993). В интервью журналу “Знания–сила” Геннадий Петрович говорил: «Мы разработали безвольфрамовые твёрдые сплавы на основе карбонитридов титана. Вот образцы. Инструменты, изготовленные с применением таких сплавов, эффективно работают более чем на ста двадцати предприятиях страны. Нам удалось решить эту проблему и совместно с Минцветметом СССР довести дело до внедрения сравнительно быстро, за пять–семь лет. Нужно было создать научные основы получения исходных веществ и сплавов, найти оптимальные составы и условия синтеза, в результате чего создана простая и экономичная промышленная технология. Проблема диктовала, кого и с кем из наших специалистов надо “сшивать”, определяла специфический – синтетический – подход к своему решению, подход, характерный для химии твёрдого тела в целом» [22].



Образцы изделий из безвольфрамовых твёрдых сплавов (КНТ-12, КНТ-16, КНТ-20)

Samples of tungsten-free hard alloys (KNT-12, KNT-16, KNT-20)

Учёные выполнили необходимые фундаментальные исследования проблем химического и фазового состава сложных многокомпонентных кубических твёрдых растворов на основе оксикарбонитридов переходных металлов, создали и описали их высокотемпературные диаграммы состояния, предложили теоретическую интерпретацию их электронного строения. Проведённые в Институте химии УНЦ АН СССР под руководством Швейкина исследования позволили уже в 80-е годы XX в. найти компромисс между твёрдостью и пластичностью сплавов. Только тогда сформировалось понимание природы механической прочности

Таблица 1. Основные сведения об азотосодержащих керметах, предложенных для металлообработки в СССР [21]
Table 1. Basic information on nitrogen-containing cermets proposed for metalworking in the USSR [21]

Год	Марка безвольфрамового сплава	Организация-разработчик	Химический состав керметов	Плотность, г/см^3	Твёрдость, HRA	Предел прочности на изгиб, кг/мм^2
1974	КНТ16	ИХ УНЦ АН СССР (Свердловск)	TiCN-Ni-Mo	5.9	89.0	1300
1978	Т3	ГПИ (Тбилиси)	TiC-TiN-Ni-Mo-W	6.7	88.0	1100
1980	КНТН20	ЛТИ (Ленинград)	(TiNb)CN-Ni-Fe-Cr-Mo	6.8	88.0	1300
1985	ТВ4	ВНИИТС (Москва)	TiCN-Ni-Mo-WC	6.6	89.0	1300
1985	ЛЦК20	ИХ УНЦ АН СССР (Свердловск)	(TiZr)CN-Ni-Mo	6.2	89.5	1450
1987	НТН30	КПИ (Киев)	TiC-TiN-NbC-Ni-Mo	5.7	88.5	1400
1988	ЦТУ	ВНИИТС (Москва)	TiCN-Ni-Mo-W	6.5	90.0	1250
1990	СОТ30	ИХ УрО АН СССР (Свердловск)	(Ti, Nb, Zr, Ta)CN-NiMo	6.4	90.0	1600

безвольфрамовых твёрдых сплавов, появилась возможность создать научные основы управления синтезом исходных веществ и сплавов, оптимизировать составы и условия их достижения в масштабах промышленного производства.

Научно-техническое решение проблемы получения безвольфрамовых твёрдых сплавов и организация их производства на Урале – это вершина материаловедческой деятельности академика Геннадия Петровича Швейкина. В этой деятельности в полной мере проявился его талант учёного и организатора, руководителя большого коллектива учёных, инженеров, техников, руководителей-администраторов реального сектора экономики страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Поляков Е.В., Дерябина А.В., Бамбуров В.Г. “Это направление становится одним из перспективных в мировой науке...”. К 95-летию со дня рождения академика Г.П. Швейкинаю. *Вестник Российской академии наук*. 2021. Т. 91. № 12. С. 1170–1178.

   [Polyakov E.V., Deryabina A.V., Bamburov V.G. “This area is becoming one of the most promising in world science...” On the 95th anniversary of the birth of Academician G.P. Shveikina. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2021, vol. 91, no. 12, pp. 1170–1178. (In Russ.)]

2. Патрушев А.Ю., Фарафонов Д.П., Серов М.М. Безвольфрамовые твёрдые сплавы: методы получения, структура и свойства (обзор). *Труды ВИАМ*. 2021. № 11 (105). С. 66–81.

   [Patrushev A.Yu., Farafonov D.P., Serov M.M. Tungsten-free hard alloys: production methods, structure, and properties (review). *Proceedings of VIAM*. 2021, no. 11 (105), pp. 66–81. (In Russ.)]

3. Панов В.С., Ниткин Н.М. Безвольфрамовые твёрдые сплавы (обзор). *Нанотехнологии: наука и производство*. 2017. № 3. С. 65–70.

   [Panov V.S., Nitkin N.M. Tungsten-free hard alloys (review). *Nanotechnology: Science and Production*. 2017, no. 3, pp. 65–70. (In Russ.)]

4. Шлишевский Б.Э., Ларина Т.В. Безвольфрамовые твёрдые сплавы и перспектива их использования в оптической отрасли приборостроения. *ГЕО-СИБИРЬ*. 2007. Т. 4. № 1. С. 133–138.

   [Shlishevsky B.E., Larina T.V. Tungsten-free hard alloys and the prospects of their use in the optical industry of instrument making. *GEO-SIBERIA*. 2007, vol. 4, no. 1, pp. 133–138. (In Russ.)]

5. Дерябина А.В., Запарий В.В. Анна Кирилловна Шарова: учёный и педагог (к 120-летию со дня рождения). *История и современное мировоззрение*. 2021. Т. 3. № 2. С. 107–111.

[Deryabina A.V., Zapariy V.V. Anna Kirillovna Sharova: Scientist and Teacher (on the 120th Anniversary of Her Birth). *History and Modern Worldview*. 2021, vol. 3, no. 2, pp. 107–111. (In Russ.)]

6. Отдел фондов ЦНБ УрО РАН. Ф. 8. Оп. 1. Д. 49. Л. 72–77.

[Department of Collections of the Central Scientific Library of the Ural Department of the Russian Academy of Sciences. Fund 8. Op. 1. D. 49. L. 72–77. (In Russ.)]

7. Гельд П.В., Швейкин Г.П. Некоторые особенности углетермического восстановления пятиокиси ниобия. *Изв. АН СССР. ОТН. Металлургия и топливо.* 1959. № 1. С. 44–49.

[Geld P.V., Shveikin G.P. Some features of carbothermic reduction of niobium pentoxide. *Izvestiya AN SSSR. OTR. Metallurgy and Fuel*. 1959, no. 1, pp. 44–49. (In Russ.)]

8. Швейкин Г.П., Гельд П.В., Алямовский С.И. Условия образования оксикарбидов ниобия. *Журнал неорганической химии*. 1963. Т. 8. № 3. С. 689–696.

[Shveikin G.P., Geld P.V., Alyamovsky S.I. Conditions of formation of niobium oxycarbides. *Zhurnal Inorganicheskoy Chemistry*. 1963, vol. 8, no. 3, pp. 689–696. (In Russ.)]

9. Гельд П.В., Цхай В.А., Швейкин Г.П., Переляев В.Д. Влияние M–M-взаимодействий на структурные и термодинамические свойства карбидов, нитридов и окислов металлов IVa и VIa подгрупп. *Неорганические материалы*. 1967. Т. 3. № 10. С. 1835–1841.

[Geld P.V., Tshai V.A., Shveikin G.P., Perelyaev V.D. Influence of M–M interactions on the structural and thermodynamic properties of carbides, nitrides and oxides of metals of IVa and VIa subgroups. *Inorganic Materials*. 1967, vol. 3, no. 10, pp. 1835–1841. (In Russ.)]

10. Гельд П.В., Цхай В.А., Швейкин Г.П., Любимов В.Д. О некоторых особенностях межчастичных взаимодействий в сплавах металлов IVa–VIa групп. *Изв. АН СССР. Металлы*. 1967. № 3. С. 186–191.

[Geld P.V., Tshai V.A., Shveikin G.P., Lyubimov V.D. On some features of interparticle interactions in alloys of metals of groups IVa–VIa. *Izvestiya AN SSSR. Metally*. 1967, no. 3, pp. 186–191. (In Russ.)]

11. Гельд П.В., Г.П. Швейкин, Алямовский С.И. и др. Оксикарбиды, карбонитриды, оксинитриды металлов IV–Va подгрупп и некоторые особенности их строения. *Металловедение: сборник*. М.: Наука, 1971. С. 373–381.

[Geld P.V., G.P. Shveikin, Alyamovsky S.I., et al. Oxycarbides, carbonitrides, oxynitrides of metals of IV–Va subgroups and some features of their structure. *Metal science: collection*. Moscow: Nauka, 1971. Pp. 373–381. (In Russ.)]

12. *Архив ИХТТ УрО РАН*. Швейкин Г.П., Любимов В.Д., Богомолов Г.Д и др. Физико-химические исследования оксикарбидов, оксинитридов и карбонитридов титана. Отчёт о НИР. 1970.

[*Archive of the Institute of Solid State Chemistry*, Ural Department of the Russian Academy of Sciences. Shveikin G.P., Lyubimov V.D., Bogomolov G.D., et al. Physicochemical studies of titanium oxycarbides, oxynitrides, and carbonitrides. Research report. 1970. (In Russ.)]

13. *Архив ИХТТ УрО РАН*. Третьяков В.И., Швейкин Г.П., Элинсон Д.С. и др. Разработать и освоить промышленную технологию производства твёрдых сплавов на основе карбонитридов титана, не содержащих вольфрама. Отчёт о НИР. 1974.

[*Archive of the Institute of Solid State Chemistry*, Ural Department of the Russian Academy of Sciences. Tretyakov V.I., Shveikin G.P., Elinson D.S., et al. Develop and implement an industrial technology for the production of hard alloys based on titanium carbonitrides that do not contain tungsten. Research report. 1974. (In Russ.)]

14. Швейкин Г.П., Любимов В.Д., Митрофанов Б.В. и др. Твёрдый сплав на основе тугоплавкого соединения титана. Авторское свидетельство СССР 509086.

[Shveikin G.P., Lyubimov V.D., Mitrofanov B.V., et al. Hard alloy based on a refractory titanium compound. USSR Author's Certificate 509086. (In Russ.)]

15. Швейкин Г.П., Митрофанов Б.В., Любимов В.Д. и др. Твёрдый сплав на основе карбонитрида титана. Авторское свидетельство СССР 609338.

[Shveikin G.P., Mitrofanov B.V., Lyubimov V.D., et al. Hard alloy based on titanium carbonitride. USSR Author's Certificate 609338. (In Russ.)]

16. Жиляев В.А., Патраков Е.И., Аскарова Л.Х. и др. Спечённый твёрдый сплав на основе оксикарбонитрида титана. Авторское свидетельство СССР 1702711.

[Zhilyaev V.A., Patrakov E.I., Askarova L.Kh. et al. Sintered hard alloy based on titanium oxycarbonitride. USSR Author's Certificate 1702711. (In Russ.)]

17. КНТ из арсенала "второй природы". *Уральский рабочий*. 1 января 1977 г.

[KNT from the arsenal of "second nature". *Uralsky Rabochy*. January 1, 1977. (In Russ.)]

18. Любимов В.Д., Швейкин Г.П., Элинсон Д.С. Композиционные материалы на основе карбонитрида титана. Фундаментальные науки – народному хозяйству. М.: Наука, 1990. С. 595–600.

[Lyubimov V.D., Shveikin G.P., Elinson D.S. Composite materials based on titanium carbonitride. Fundamental sciences for the national economy. Moscow: Nauka, 1990. Pp. 595–600. (In Russ.)]

19. Отдел фондов ЦНБ УрО РАН. Ф. 20. Оп. 1. Д. 13. Л. 304.

[Department of funds of the Central Scientific Library of the Ural Department of the Russian Academy of Sciences. Fund 20. Op. 1. D. 13. L. 304. (In Russ.)]

20. Жиляев В.А., Патраков Е.И., Пельц А.Д. и др. Создание, разработка промышленной технологии и внедрение в производство нового безвольфрамового твёрдого сплава марки СОТ30. *Тезисы докладов Московской международной конференции по композитам*. М., 1991. Ч. 2. С. 76.

[Zhilyaev V.A., Patrakov E.I., Pelts A.D. et al. Creation, development of industrial technology and introduction into production of a new tungsten-free hard alloy grade SOT30. *Abstracts of reports of the Moscow International Conference on Composites*. Moscow, 1991. Part 2. P. 76. (In Russ.)]

21. Архив ИХТТ УрО РАН. Швейкин Г.П., Жиляев В.А. Безвольфрамовые твёрдые сплавы – керметы (физикохимия, технология, экономика, применение). 1998.

[Archive of the Institute of Solid State Chemistry, Ural Department of the Russian Academy of Sciences. Shveikin G.P., Zhilyaev V.A. Tungsten-free hard alloys – cermets (physicochemistry, technology, economics, application). 1998. (In Russ.)]

22. Швейкин Г.П. Новые пути новой химии. *Знания–сила*. 1984. № 3. С. 6–8.

[Shveikin G.P. New Paths of New Chemistry. *Znania – Sila*. 1984, no. 3, pp. 6–8. (In Russ.)]

В МИРЕ КНИГ
IN THE BOOK WORLD

DOI: 10.7868/S3034520026110099

Рецензия

SPEARS D., GERUSO M. AFTER THE SPIKE: POPULATION, PROGRESS, AND THE CASE FOR PEOPLE.

N.Y.: Simon and Schuster, 2025. 320 p.

А.Р. Бахтизин*

Центральный экономико-математический институт РАН,
117418, Москва, Российская Федерация
**E-mail: albert.bakhtizin@gmail.com*

Ключевые слова: демография, рождаемость, население, простое воспроизводство, демографические прогнозы

Финансирование. Статья подготовлена без дополнительного финансирования.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Ссылка для цитирования: Бахтизин А.Р. Рецензия на книгу: Spears D., Geruso M. After the Spike: Population, Progress, and the Case for People. *Вестник РАН / Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2026. Том 96. № 11. С. 1008–1014. https://doi.org/10.7868/S3034520026110099

Поступила в редакцию 02.05.2026
После доработки 20.05.2026
Принята к публикации 10.07.2026

БАХТИЗИН Альберт Рауфович – член-корреспондент РАН, директор ЦЭМИ РАН, Москва, Российская Федерация, e-mail: albert.bakhtizin@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-9649-0168.

© Бахтизин А.Р., 2026

В МИРЕ КНИГ
IN THE BOOK WORLD

DOI: 10.7868/S3034520026110099 Review

SPEARS D., GERUSO M. AFTER THE SPIKE: POPULATION, PROGRESS, AND THE CASE FOR PEOPLE.

N.Y.: Simon and Schuster, 2025. 320 p.

A.R. Bakhtizin*

Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences,
117418, Moscow, Russian Federation
**E-mail: albert.bakhtizin@gmail.com*

Keywords: demography, birth rate, population, simple reproduction, demographic forecasts

Funding. This article was prepared without additional funding.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

For citation: Bakhtizin A.R. Review of the book: Spears D., Geruso M. After the Spike: Population, Progress, and the Case for People. *Vestnik Rossijskoj Akademii Nauk / Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2026, vol. 96, no. 11, pp. 1008–1014. (In Russ.) https://doi.org/10.7868/S3034520026110099

Received May 02, 2026
Revised May 20, 2026
Accepted July 10, 2026

BAKHTIZIN Albert R. – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation, e-mail: albert.bakhtizin@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-9649-0168.

© Bakhtizin A.R., 2026

В демографическом бестселлере “After the Spike: Population, Progress, and the Case for People” (“После пика. Население, прогресс и аргументы в пользу людей”), увидевшем свет в 2025 г., Д. Спирс и М. Герусо рассматривают динамику численности населения мира. Авторы подводят читателя к мысли, что нынешнее количество людей в мире *скорее историческое исключение*, чем норма. И дело не только в том, что рост населения усиливает нагрузку на экономику и ресурсы планеты, но и в самой траектории роста.

По приведённым в книге данным, 10 000 лет назад на Земле было около 5 млн человек, 1000 лет назад – около 250 млн, в начале XIX в. численность населения впервые превысила 1 млрд, в 1950 г. составила около 2.5 млрд, а к 2026 г. – уже 8.3 млрд. То есть за последние 75 лет она выросла в 3.3 раза.

В прошлом веке многим казалось, что такой рост населения – это естественный и управляемый процесс, который государства могут регулировать в своих интересах. Здесь показателен пример КНР, где действовала политика “Одна семья – один ребёнок”, призванная искусственно стабилизировать численность населения. Однако такие меры могут приводить к непредсказуемым последствиям, что и случилось. После отмены этой политики в 2015 г. рождаемость в Китае не выросла, как ожидалось, а наоборот резко снизилась – суммарный коэффициент рождаемости упал почти в 2 раза с 1.8 в 2017 г. до 0.93 в 2025 г.

Ещё один пример свидетельствует о том, что рост населения можно рассматривать как естественный процесс лишь в определённых пределах, на определённом этапе развития человечества. Наш выдающийся соотечественник Д.И. Менделеев в книге “К познанию России”, опираясь на перепись 1897 г., которая зафиксировала численность населения страны около 128 млн человек, сделал собственный прогноз. По его расчётам, в 1910 г. в России должно было жить 155.6 млн человек, в 1960 г. – 282.7 млн, в 2000 г. – 594.3 млн, а к 2062 г. уже 1.282 млрд. Менделеев считал Россию слабо заселённой страной с огромной территорией, поэтому ожидал быстрого роста населения, в перспективе до сопоставимых с Китаем или Индией масштабов. Как показала история, эти прогнозы не сбылись. Его модель не учитывала последующий демографический переход и связанное с ним снижение рождаемости, крупные войны и катастрофы и ускоренную урбанизацию.

Основная идея книги “После пика” состоит в том, что многолюдный мир *не является нормой*, а представляет собой новое и неустойчивое состояние. На протяжении большей части истории человечество переживало долгий рост численности, затем резкое ускорение, после чего подошло к переломному моменту. По мнению авторов, мы уже почти достигли вершины этой кривой, и дальнейшее движение будет определяться не войнами, не пандемиями, не разовыми кризисами, а повседневным поведением людей при переходе к малодетности.

Так, в середине XX в. суммарный коэффициент рождаемости (число детей на одну женщину) по миру в целом составлял около 5, а сегодня он находится примерно на уровне 2.3. В книге рассматривается сценарий, при котором глобальная рождаемость закрепится на уровне 1.6, в этом случае численность населения после достижения пика начнёт устойчиво снижаться. В долгосрочной перспективе население мира может сократиться с 10 млрд до 1–2 млрд человек примерно за 200–300 лет. При этом речь идёт не о самом жёстком варианте, а, скорее, о продолжении формирующихся сейчас тенденций (рис. 1).

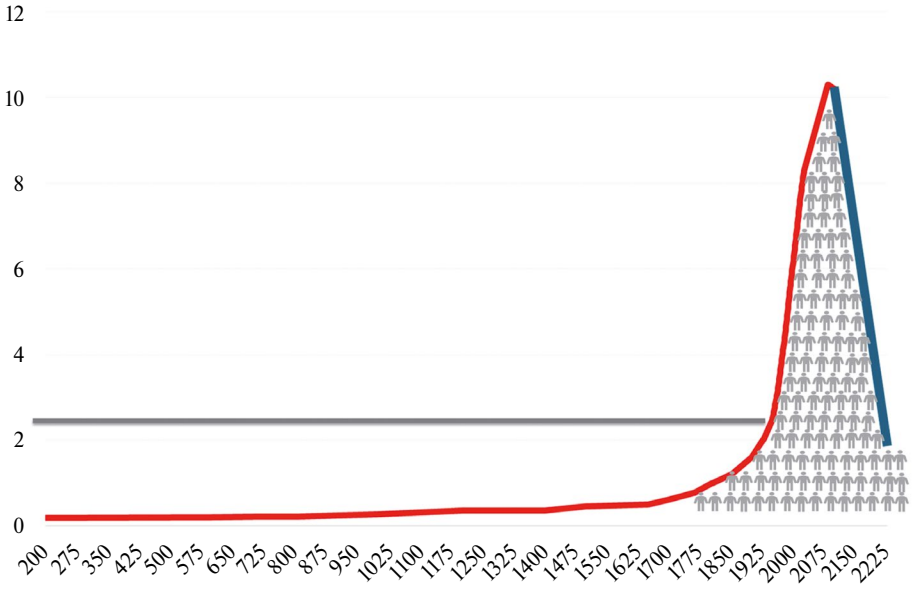


Рис. 1. Демографический пик человечества, млрд человек
Fig. 1. Population peak of humanity, billion people

Сегодня большинство населения мира живёт в странах с рождаемостью ниже уровня простого воспроизводства, включая Китай, государства Европейского союза и значительную часть стран Америки. Главный глобальный тренд на начало 2026 г. заключается в почти повсеместном снижении суммарного коэффициента рождаемости, причём падение происходит быстрее, чем ожидалось ранее. Его уровень ниже 1.5 постепенно становится новой мировой нормой, в том числе в наиболее благополучных странах Европы. В Италии, например, суммарный коэффициент рождаемости составляет около 1.14, в Испании 1.11, в Германии около 1.30. В странах Восточной Европы показатели во многих случаях находятся в диапазоне 1.0–1.2, а в Скандинавии, традиционно считавшейся образцом семейной политики, лишь около 1.3–1.5.

Ещё более острой ситуация выглядит в Восточной Азии, где во многих странах можно говорить уже не просто о низкой рождаемости, а о демографическом коллапсе. В Южной Корее показатель, опускавшийся примерно до 0.75, к началу 2026 г. поднялся лишь до 0.8, на Тайване – около 0.72, в Китае около 0.93, в Японии около 1.13.

Быстрый спад рождаемости демонстрирует Латинская Америка. Если в Европе переход к низким показателям растянулся на десятилетия, то в ряде стран региона он заметно ускорился уже в XXI в. Так, по данным World Bank, основанным на материалах UN Population Division и национальных статистических служб, в 2000–2024 гг. суммарный коэффициент рождаемости снизился в Мексике примерно с 2.7 до уровня ниже 2.0, в Бразилии – примерно с 2.2 до 1.5, в Чили – примерно с 2.0 до 1.1, в Коста-Рике – примерно с 2.4 до 1.3.

Относительными исключениями пока остаются отдельные страны Центральной Азии, прежде всего Киргизия и Таджикистан, часть государств Ближнего Востока и некоторые страны Африки. Однако даже там наблюдается устойчивая нисходящая динамика.

Таким образом, снижение рождаемости перестаёт быть явлением, характерным для развитых стран, и превращается в универсальный *глобальный процесс*. При этом авторы книги "После пика" делают важное уточнение: они не утверждают, что население планеты станет малочисленным. По мере сокращения численности возможен отход от этой траектории – через изменение социальных норм, институтов, семейной политики или самой структуры жизненных стратегий. Однако пока в современных обществах не наблюдается устойчивого механизма, который автоматически возвращал бы рождаемость к уровню простого воспроизводства. Поэтому текущая траектория в целом ведёт к сокращению населения. Даже без дальнейшего снижения рождаемости, а лишь при сохранении её на уровне около 1.4–1.8 детей на одну женщину, сокращение населения становится долгосрочной тенденцией.

На это указывают не только авторы книги. Организация Объединённых Наций в последние десятилетия регулярно пересматривает свои прогнозы численности населения мира, причём в последних случаях в сторону снижения, вследствие более быстрого, чем ожидалось ранее, падения рождаемости во многих регионах планеты. Если в прогнозе 2004 г. предполагалось, что население мира достигнет пика к 2075 г. – на уровне 9.2 млрд человек, а к 2100 г. составит 9.1 млрд, то позднее оценки сместились в сторону дальнейшего роста населения. В пересмотрах 2012, 2015 и 2017 гг. пик численности вообще выносился за пределы XXI столетия, а население мира к 2100 г. оценивалось в пределах 10.9–11.2 млрд человек. Однако затем тенденция изменилась. Уже в прогнозе 2019 г. оценка населения мира к концу века была снижена до 10.9 млрд человек. В пересмотре 2022 г. ООН вернулась к идее пика численности в пределах текущего столетия, максимум ожидался в 2086 г. (10.4 млрд). В версии прогноза в 2024 г. пик сместился на 2084 г. (максимальная численность – 10.3 млрд с дальнейшим снижением до 10.2 млрд к 2100 г.).

Таким образом, если раньше международные прогнозы предполагали почти непрерывный рост населения до конца века, то последние оценки всё отчётливее указывают на более ранний пик и более низкую итоговую численность. Иными словами, демографический переход в мире происходит быстрее, чем ожидалось ещё 10 лет назад. Это важно, поскольку речь идёт не только о численности как таковой, но и о последствиях её изменения. Какие же это последствия?

Влияние на экологию. Если мир движется к сокращению населения, возникает закономерный вопрос: означает ли это автоматически уменьшение нагрузки на планету и улучшение качества жизни? Именно с этой точки зрения в книге рассматривается экологический аспект демографического развития.

Интуитивная логика проста – меньше людей, меньше нагрузка на окружающую среду. Однако в реальной жизни картина оказывается сложнее. Основной рост населения в последние десятилетия был связан не с увеличением рождаемости, а со снижением смертности. Именно в этот период резко усилилось воздействие на природу, увеличились выбросы парниковых газов и поллютантов, потребление ресурсов и общий масштаб загрязнения. Однако означает ли это, что ухудшение экологической ситуации связано с ростом населения или ключевую роль здесь играют уровень потребления и технологии?

Анализ показывает, что вклад разных стран в загрязнение крайне неравномерен. Богатые государства с относительно стабильной или даже снижающейся численностью населения создают существенно бóльшую нагрузку на окружающую среду, чем бедные страны, где население продолжает расти. Так, один житель развитой экономики может производить выбросы, во много раз превышающие вклад нескольких жителей развивающихся стран. Более того, около 10% наиболее обеспеченного населения формируют примерно половину глобальных выбросов, тогда как страны Африки, которые в XXI в. обеспечивают основной демографический прирост, оказывают минимальное воздействие на окружающую среду.

Дополнительные расчёты, в том числе на основе климатических моделей типа DICE, показывают, что

сокращение численности населения снижает выбросы, однако этот эффект заметно уступает влиянию технологий и структуры экономики. Иными словами, уменьшение численности само по себе не гарантирует решения экологических проблем. Поэтому простая формула “меньше людей – лучше для планеты” не получает подтверждения. Ключевое значение имеют технологии, институты и модели потребления. Если экологический аргумент не является решающим, проблема смещается в другую плоскость. Возникает более фундаментальный вопрос: почему вообще снижается рождаемость? Ответ на него связан не с глобальными процессами, а с поведением людей.

Индивидуальные решения. Следующий важный шаг в рассуждениях связан с тем, что демографические процессы рассматриваются не как абстрактная статистика, а как результат выбора жизненной стратегии конкретными людьми, прежде всего женщинами. Население не растёт само по себе, за каждой цифрой стоит индивидуальное решение о рождении детей, а совокупность этих решений формирует будущее общества.

Показателен пример стран с формально сопоставимой свободой выбора, но заметно различающейся рождаемостью. Во Франции она более чем в 2 раза выше, чем в Южной Корее. Это означает, что дело не только в свободе выбора, но и в условиях, в которых выбор осуществляется, то есть в институтах, политике поддержки семей, структуре рынка труда, возможностях совмещать карьеру и семью.

Отсюда следует важный вывод. Предпочтения людей не остаются неизменными. Они во многом зависят от социальной и экономической среды, и демографические процессы оказываются результатом миллионов частных решений. Но тогда возникает следующий, более сложный вопрос: как оценивать эти решения с точки зрения общества в целом? И здесь рассуждения выходят за рамки статистики и переходят в область этики, приводя к дилемме: является ли увеличение числа людей само по себе благом или, напротив, дополнительной нагрузкой. Логика понятна, поскольку мир далёк от идеала, в нём сохраняются бедность, болезни, конфликты и неравенство. Если исходить из этого факта, то возникает сомнение, имеет ли смысл рожать детей, которым придётся жить в столь несовершенных условиях.

Численность населения и прогресс. Одна из центральных тем книги – взаимосвязь экономического и технологического прогресса с численностью населения. Ведь чем больше людей, тем больше и потенциальных изобретателей, учёных и предпринимателей. Эта идея опирается на довольно простую логику: знания накапливаются, передаются и дополняются новыми открытиями, а значит, расширяется число участников, способствующих прогрессу. Рост населения в последние два столетия совпал с беспрецедентным ускорением науки, технологий и производительности. Отсюда следует простая причинная цепочка “больше людей – больше идей – быстрее прогресс”.

Авторы книги отмечают, что инновации распределены крайне неравномерно. Лишь небольшая доля людей создаёт основную часть новых идей и технологических прорывов. Однако чем больше общее население, тем выше вероятность появления таких ключевых фигур. В то же время значение имеет не только количество, но и качество человеческого капитала. Образование, доступ к знаниям, эффективность институтов и способность экономики использовать таланты могут играть не меньшую, а порой и бóльшую роль, чем численность населения как таковая. Это хорошо видно на примере сравнительно небольших стран с высокой инновационной активностью, таких как Израиль или Швейцария, где решающим фактором выступает не масштаб населения, а структура экономики, уровень образования и качество институтов.

Угроза цивилизации. Далее эта логика получает развитие. Люди важны не только для экономического роста, но и для выживания цивилизации в целом. Мысль иллюстрирует яркий пример: чтобы отклонить астероид, угрожающий Земле, необходимы знания, технологии, координация и значительные человеческие ресурсы. Соответственно, чем меньше население, тем ниже потенциальная способность общества справляться с редкими, но масштабными угрозами.

Тот же принцип распространяется и на другие коллективные блага. Развитие медицины, научные открытия, борьба с эпидемиями, освоение космоса требуют совместных усилий большого числа людей. Чем крупнее общество, тем выше вероятность появления решений, которые приносят пользу всем. Здесь действует и вероятностная логика: если лишь небольшая часть людей способна создавать прорывные идеи, то рост численности населения увеличивает вероятность появления таких людей.

Тем не менее существует и обратная сторона вопроса. Многие глобальные риски создают сами люди. Технологическое развитие одновременно расширяет возможности и порождает новые угрозы. Ядерное оружие, изменение климата и биологические риски – результаты человеческой деятельности. Следовательно, большее население означает не только новые решения, но и новые потенциальные проблемы. Люди повышают способность человечества справляться с неопределённостью, но одновременно делают систему сложнее и уязвимее.

Ценность жизни. Из предыдущего рассуждения вырастает следующий, нормативный тезис. Если человеческая жизнь в целом обладает положительной ценностью, то увеличение числа людей увеличивает и совокупный объём общественного блага. Иными словами, люди рассматриваются не только как ресурс для экономики, науки и технологий, но и как носители ценности сами по себе. Вместе с тем важно уточнить, что рост общего объёма благ не обязательно влечёт за собой улучшение положения каждого отдельного человека. Значение имеет не только суммарный результат, но и то, как он распределяется.

Закрепление депопуляции. Возвращаясь к проблеме рождаемости, авторы подчёркивают, что если её показатели опустились ниже уровня простого воспроизводства, то они не возвращаются к прежним значениям

автоматически. Демографический спад в этом смысле предстаёт не временным отклонением, а устойчивой траекторией. Это подтверждает опыт многих стран. В Европе, Японии и Южной Корее показатели рождаемости долгое время находятся в диапазоне 0.7–1.5 ребёнка на женщину и не демонстрируют устойчивых признаков повышения. Причём надо понимать, что далее начинает действовать механизм самоусиления: меньшее число детей сегодня означает меньшее число потенциальных родителей завтра. Одновременно закрепляются социальные модели малодетности, ещё более снижая число рождений. Даже при некотором росте рождаемости сокращение населения может продолжаться из-за деформированной возрастной структуры. Этот феномен назван эффектом отрицательного демографического импульса.

Таким образом, экономическое развитие само по себе не стимулирует высокую рождаемость. Напротив, по мере роста доходов, урбанизации и расширения жизненных возможностей она зачастую снижается. Именно поэтому не существует естественного механизма, который автоматически возвращал бы рождаемость к уровню простого воспроизводства. Низкая рождаемость предстаёт не временной аномалией, а новой устойчивой реальностью.

Опыт стимулирования рождаемости. Следующий практический вопрос: способно ли государство вернуть рождаемость к уровню воспроизводства населения? Ответ авторов однозначно жёсткий: в долговременной перспективе этого сделать не удаётся – во всяком случае пока. Этот вывод опирается на опыт многих стран. Несмотря на масштабные меры поддержки семей, прямые выплаты, налоговые льготы, субсидии и развитие социальной инфраструктуры, рождаемость в большинстве случаев остаётся ниже уровня простого воспроизводства. Даже в странах с активной семейной политикой, таких как Франция или Швеция, суммарный коэффициент рождаемости обычно не превышает 1.6–1.9 ребёнка на одну женщину и лишь эпизодически приближается к двум.

Иначе говоря, даже заметная государственная поддержка семей не гарантирует долгосрочной стабилизации на необходимом уровне. Поведение людей меняется быстрее, чем государственная политика успевает к нему адаптироваться. Государство способно в какой-то мере влиять на демографические процессы, смягчать спад и создавать более благоприятные условия жизни, но его возможности ограничены, когда речь идёт о глубинных социальных изменениях. Это подтверждает международный опыт. В мировом масштабе устойчиво развернуть процесс снижения рождаемости вспять практически нигде не удалось. Общий тренд для крупнейших стран мира – постепенное или ускоряющееся снижение суммарного коэффициента рождаемости, несмотря на различия в уровне доходов, политике и культурных моделях семьи. Даже там, где наблюдались заметные подъёмы, речь идёт не о полноценном долгосрочном развороте, а о временных исключениях, связанных с особыми историческими обстоятельствами.

Наиболее известный пример продемонстрировали США в середине XX в. После довоенного уровня (2.1 ребёнка на одну женщину, 1939 г.) к 1958 г. рождаемость выросла до 3.75, и этот феномен был назван бэби-бумом. Эта ситуация явилась результатом уникальных послевоенных условий – быстрого экономического роста, массового жилищного строительства в пригородах, расширения среднего класса и высокой уверенности в будущем. Однако уже к 1964 г. рождаемость в США вернулась к нисходящему тренду.

Ещё один пример временного роста рождаемости – Китай начала 1960-х годов. После катастрофического голода и демографического провала показатель вырос с 3.86 в 1961 г. до 7.51 в 1963 г. Но это был скорее компенсаторный всплеск после кризиса, чем устойчивое изменение демографической модели. В дальнейшем в Китае наметилась тенденция резкого снижения рождаемости.

Даже самые яркие примеры роста рождаемости в крупных странах были либо временным эффектом уникальной экономической конъюнктуры, либо реакцией на чрезвычайные потрясения. Они не стали доказательством того, что современное общество способно надолго вернуть высокую рождаемость.

Влияние государственных мер. Таким образом, поведение людей меняется быстрее, чем политика способна его скорректировать. Тем не менее влияние государственной политики не стоит недооценивать. Хотя она не может вернуть рождаемость к уровню хотя бы простого воспроизводства, государственные меры позволяют заметно смягчать спад. Следует, кроме того, иметь в виду, что эффект демографической политики обычно проявляется с временны́м лагом, не сразу.

Очевидный инструмент – это прямые финансовые стимулы для семей. Опыт стран с масштабными выплатами показывает, что даже значительные субсидии дают, как правило, умеренный и нередко временный результат. В большинстве развитых стран показатели рождаемости остаются ниже уровня простого воспроизводства – в диапазоне 1.3–1.8 ребёнка на женщину. Причина заключается в том, что денежные меры не устраняют фундаментальные факторы снижения рождаемости, связанные с высокой стоимостью воспитания детей, карьерными издержками, изменением образа жизни и неопределённостью будущего.

Рождаемость зависит от множества факторов и является результатом целостной социальной среды. Отсюда вытекает практический вывод: точечные меры сами по себе недостаточны, а значит, требуется пересмотр общей логики демографической политики. Речь идёт о доступности жилья, возможности сочетать карьеру и семейные обязанности, развитой инфраструктуре ухода за детьми, устойчивом рынке труда и снижении чувства неопределённости.

После пика. Книга завершается рассуждениями в философской плоскости. Авторы рассматривают вопрос об оптимальной численности населения с позиции максимизации общественного блага. Они формулируют тезис о том, что социум, состоящий из

большого числа умеренно благополучных людей, возможно, лучше, чем тот, в котором достигнут очень высокий уровень жизни, но лишь для немногих. В таком ракурсе сокращение населения предстаёт как экономическая, социальная и экзистенциальная проблема, имея в виду потерю будущих работников, налогоплательщиков, а главное – тех жизней, которые могли бы состояться.

В конечном счёте книга важна не только с точки зрения рассуждений о рождаемости. Она показывает, что человечество вступает в новую историческую фазу, где привычный рост населения больше не гарантирован. Главный вопрос XXI столетия состоит не в том, сколько людей будет жить на Земле, а в том, сможет ли мир приспособиться к жизни после демографического пика.