

2020  
№2(6)

# Окружающая среда и энергосбережение

---

Journal of Environmental Earth and Energy Study (JEEES)



<http://www.jeees.ru>

ISSN 2658-6703  
(Online)

# Окружающая среда и энергосбережение

---

**Journal of Environmental Earth and Energy Study (JEEES)**

**2020 №2(6)**

Научный, образовательный, культурно-просветительский сетевой журнал  
Scientific, educational, cultural and educational network Journal

Основан в 2018 году,  
1-й номер вышел в январе 2019 г.  
Выходит четыре раза в год  
при научно-информационной поддержке  
Географического факультета МГУ  
имени М.В. Ломоносова.

Founded in 2018,  
The 1st issue was released in January 2019.  
Published four times a year with scientific and  
information support  
Geographical faculty of Lomonosov Moscow  
State University.

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации ЭЛ № ФС 77 - 74521 от 7 декабря 2018 г.

---

Индексируется в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU, Научной электронной библиотеке «КиберЛенинка», Public Knowledge Project, Open Archives Initiative, OpenAIRE



## Главный редактор

Залиханов Михаил Чоккаевич, д.г.н., профессор,  
академик РАН (МГУ им. М. В. Ломоносова).

## Зам. главного редактора

Дегтярев Кирилл Станиславович, к.геогр.н  
(МГУ им. М. В. Ломоносова)

## Ответственный секретарь

Соловьев Дмитрий Александрович, к.физ.-мат.н.  
(ИО РАН).

## Редакционная коллегия:

Безруких Павел Павлович, д.т.н., академик-секретарь РИА  
(МЭИ)

Березкин Михаил Юрьевич, к.геогр.н (МГУ им. М. В.  
Ломоносова).

Бушуев Виталий Васильевич, д.т.н., профессор (ОИВТ  
РАН).

Гулев Сергей Константинович, д.ф.-м.н., профессор, член-  
корреспондент РАН (ИО РАН).

Дегтярев Кирилл Станиславович, к.геогр.н (МГУ им. М. В.  
Ломоносова).

Добролюбов Сергей Анатольевич, д.геогр.н., профессор,  
член-корреспондент РАН (МГУ им. М. В. Ломоносова).

Зайченко Виктор Михайлович, д.т.н., профессор (ОИВТ  
РАН).

Залиханов Алим Михайлович, к.геогр.н, (МГУ им. М. В.  
Ломоносова).

Киселева Софья Валентиновна, к.физ.-мат. н. (МГУ им. М.  
В. Ломоносова).

Красовская Татьяна Михайловна, д.геогр.н., профессор  
(МГУ им. М. В. Ломоносова).

Моргунова Мария Олеговна, к.э.н. (KTH Royal Institute of  
Technology, Sweden).

Нигматулин Роберт Искандерович, д.ф.-м.н., профессор,  
академик РАН (ИО РАН).

Тикуннов Владимир Сергеевич, д.геогр.н., профессор (МГУ  
им. М. В. Ломоносова).

Показеев Константин Васильевич, д.физ.-мат.н., профес-  
сор (МГУ им. М. В. Ломоносова).

Соловьев Дмитрий Александрович, к.физ.-мат.н.,  
ответственный секретарь (ИО РАН).

## Адрес редакции:

119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, к. 19, НИЛ  
возобновляемых источников энергии географического  
факультета МГУ им. М.В.Ломоносова

Тел./ факс +7 (499) 939-42-57

e-mail: info@jeees.ru

Официальный сайт журнала <http://jeees.ru>

## Окружающая

## среда и энергетическое. 2020 №2(6)

Научный, образовательный, культурно-просветительский  
сетевой журнал (периодическое сетевое издание)

Редактор К.С.Дегтярев

Корректор К.Г.Горошкин

Верстка М.Ю.Березкин

Перевод на английский язык

К.С.Дегтярев

Подписан в свет 30.06.2020.

## Издатель:

Закрытое акционерное общество "Глобализация и  
устойчивое развитие. Институт энергетической стратегии"  
125009, г. Москва, Дегтярный переулок, д. 9, офис 011.

Тел./факс: +7 (495) 229-4241 доб. 224.

E-mail: [guies@guies.ru](mailto:guies@guies.ru).

Перепечатка или воспроизведение материалов  
номера любым способом полностью или по частям  
допускается только с письменного разрешения Издателя.

Учредитель: Соловьев Д.А.

© Редакция журнала

«Окружающая среда и энергетическое», 2020

Государственный Рубрикатор НТИ России  
(ГРНТИ): 37; 39; 44; 45

## Содержание

П.П.Безруких, С.В.Грибков

Памяти профессора МГУ Александра Алексеевича Соловьева  
(некролог) ..... 4

А.А.Соловьев

Возобновляемая энергетика геосфер:

новые идеи и перспективные методы исследований ..... 6

В.А. Бутузов

Российская солнечная электроэнергетика .....10

В.В.Бушуев

Пассионарность и пандемия – проявления

солнечной активности .....26

К.С. Дегтярев

Динамика мирового энергопотребления в XX –XXI вв. и  
прогноз до 2100 года .....35

К.В. Папенков, С.М. Никоноров

Взаимосвязь между моделью циклической экономики и  
национальными проектами .....49

А.М. Залиханов

Академик РАН Роберт Искандерович Нигматулин –  
жизненный путь в науке (к 80 – летнему юбилею) .....67

## Content

P.P. Bezrukhikh, S.V. Gribkov

In memory of the professor of Moscow State University  
Alexander Alekseevich Solovyev (obituary) ..... 6

A.A. Solovyev

Renewable geosphere energy: new ideas and perspective  
research methods .....10

V.A. Butuzov

Russian Photovoltaic .....26

K.S. Degtyarev

Trends of World Energy Supply in XX –XXI Centuries  
and Outlook 2100 .....35

K.V. Papenkov, S.M. Nikonorov

The relationship between the cyclical economy model and  
national projects .....49

A.M. Zalikhanov

Academician of the Russian Academy of Sciences Robert  
Iskanderovich Nigmatulin - a life path in science (on the occasion  
of the 80th anniversary) .....67

## Памяти профессора МГУ Александра Алексеевича Соловьева (некролог)

П.П. Безруких<sup>1</sup>, С.В. Грибков

Комитет ВИЭ РосСНИО, Москва, Россия

E-mail:<sup>1</sup> bezruky@yandex.ru

Дорогие соратники!

С прискорбием сообщаем Вам, что 27 мая 2020 г. после непродолжительной болезни перестало биться сердце нашего активнейшего члена Комитета ВИЭ РосСНИО, заведующего лабораторией «Возобновляемых источников энергии» географического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова доктора физико-математических наук, профессора, действительного члена Российской инженерной академии академика, Заслуженного научного сотрудника МГУ СОЛОВЬЕВА Александра Алексеевича (24.05.1943-27.05.2020).



Профессор А.А.Соловьев (24.05.1943-27.05.2020)

Вся научно-педагогическая деятельность Александра Алексеевича Соловьёва связана с МГУ. С отличием окончание университета, затем – аспирантура, награда медалью Министерства высшего и среднего образования СССР «За лучшую научную работу», защита кандидатской диссертации.

В 1980-х годах - руководитель направления «Гидроаэродинамические основы возобновляемой энергетики». С момента основания научно-исследовательской лаборатории «Возобновляемых источников энергии» Географического факультета МГУ Александр Алексеевич . Соловьев стал заведовать сектором гидродинамики, в 2002 г. защитил докторскую диссертацию, с 2004 г. – профессор, с 2006

г. – заведующий лабораторией. С 1999 г. он член, а позже председатель Оргкомитетов Всероссийских научных молодежных школ «Возобновляемые источники энергии», проводимых на географическом факультете МГУ.

Область научных интересов А.А. Соловьева чрезвычайно широка: молекулярная физика, акустика, механика жидкости и газа, гидродинамика и термодинамика природных систем, география энергетических систем, возобновляемая энергетика и экология, водородная энергетика, гелиоэнергетика, рациональное природопользование, история и методология естественных наук.

А. А. Соловьев является автором курсов лекций по гидромеханике, теоретической механике, физике турбулентных течений, возобновляемой энергетике атмосферы и океана, устойчивому развитию энергетики. Им опубликовано более 200 научных работ, в том числе около 20 учебных пособий, монографий и книг, получено более 30 патентов на изобретения.

Александр Алексеевич постоянно вел большую научную, научно-организационную и преподавательскую работу. В разные годы входил в специализированный совет по оптике, молекулярной физике, химической физике при физическом факультете МГУ, был членом секции комбинированного использования возобновляемых источников энергии для автономных потребителей, Научного совета Миннауки и РАН по нетрадиционной энергетике, членом экспертного совета по малой энергетике подкомитета Госдумы Российской Федерации по энергетике. Входил в состав диссертационных и ученых советов в Московском университете, Российском университете дружбы народов, Академии водного транспорта. Был членом президиума Комитета по проблемам использования возобновляемых источников энергии Российского Союза научных и инженерных общественных объединений, действительным членом Российской инженерной академии.

Александр Алексеевич Соловьёв прожил яркую жизнь, полностью отданную науке и преподавательской деятельности. Постоянно ратовал за научный рост членов Комитета ВИЭ РосСНИО, оказывая им реальную помощь. Пользовался огромным уважением членов Комитета ВИЭ РосСНИО, секции «Энергетика» академии РИА, коллег по работе в МГУ, заслуженным авторитетом руководителя лаборатории. Его кончина – непоправимая утрата для всех нас.

Светлая память об Александре Алексеевиче Соловьеве навсегда сохранится в наших сердцах, сердцах его друзей, коллег и учеников.

## **In memory of the professor of Moscow State University Alexander Alekseevich Solovyev (obituary)**

P.P. Bezrukikh<sup>1</sup>, S.V. Gribkov

RES Committee of RosSNIO, Moscow, Russia

E-mail:<sup>1</sup> bezruky@yandex.ru

УДК 620.92(075.8).

## **Возобновляемая энергетика геосфер: новые идеи и перспективные методы исследований**

А.А. Соловьев<sup>[0000-0002-4376-1120]</sup>

Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: a.soloviev@geogr.msu.ru

**Аннотация.** Вниманию читателей предлагается публикация краткого содержания лекции, прочитанной проф. А.А.Соловьевым студентам на Физическом факультете МГУ в январе 2020 г. Публикация посвящена памяти выдающегося ученого, доктора физико-математических наук, профессора, академик РАЕН, заведующего лабораторией возобновляемых источников энергии географического факультета МГУ, Заслуженного научного сотрудника Московского университета Александра Алексеевича Соловьева (1943-2020). В статье рассматриваются новые подходы к научным исследованиям и идеи в возобновляемой энергетике геосфер, которые привлекают к себе пристальное внимание во всех странах мира.

**Ключевые слова:** энергетика, география, ВИЭ, моделирование, ресурсы, технологии

Особенность энергетики использующих возобновляемые ресурсы атмосферы, гидросферы и литосферы состоит в необычности ее источников энергии. В их основе процессы, постоянно существующие или периодически возникающие в природе, обеспечивающие возможность извлекать энергию без истощения ее природных запасов. Основные источники возобновляемой энергии сфокусированы на следующих составляющих: солнечное излучение, водные и воздушные течения, волны и приливы, биомасса, геотермальное тепло.

В России внутренний энергетический сектор изобилует традиционными видами топлива, и по возобновляемым источникам энергии имеет место существенное отставание от других стран. Суммарная доля возобновляемой энергетики с нетрадиционными источниками энергии в российском энергетическом балансе находится на уровне 1%. К источникам энергии на возобновляемых ресурсах с наиболее продвинутыми технологиями относятся следующие:

Ветер и технология ветряных установок только в 70-х годах прошлого века стали активно применяться в качестве источников альтернативной энергии. Были созданы первые ветряные электростанции, стали появляться ветропарки с генераторами, преобразующими электрическую энергию ветра. Сейчас лидируют по

числу таких электростанций Германия, Дания, Испания, США, Индия и Китай. Рассматриваются новые технологические решения используемые в ветроэнергетике, позволяющие снизить капитальные затраты и себестоимость выработки электроэнергии.



**Рис. 1.** Профессор Московского университета А.А. Соловьев (24.05.1943-27.05.2020) в учебной аудитории МГУ им. М.В. Ломоносова

Широко обсуждаются бинарные технологии геотермальных электростанций, которые используют тепло природных горячих источников, преобразовывая его в электрическую энергию и одновременно обеспечивая теплоснабжение. Первая такая электростанция была пущена в эксплуатацию в Италии в 1904 году. Причем работает она до сих пор и довольно успешно! Сейчас такие станции построены в 72 странах мира, лидируют здесь США, Филиппины, Исландия и Россия.

Приливы и отливы в прибрежных зонах океана настолько сильны, что своим течением они способны выработать довольно большое количество энергии. Плотной разгораживаются верхний и нижний бассейны, при движении воды вращаются лопасти турбины, которая приводит в действие генератор электричества. На планете всего 40 таких станций, потому что мало, где соблюдено природой основное требование – разница уровня в бассейнах 5 метров. Построены приливные станции во Франции, Канаде, Китае, Индии, России.

Важной составляющей эффективного использования возобновляемых источников энергии является фундаментальные исследования и инновационные технологические разработки. В настоящее время выделяются для представления наиболее перспективные работы по фотовольтаическим преобразователям, солнечным элементам на органических полимерах, искусственному фотосинтезу, генетически модифицированным водорослевым микроорганизмам источникам

биотоплива. В частности, отмечаются фундаментальные и прикладные исследования лаборатории ВИЭ СПб НИИ Университета в области полупроводниковых наногетероструктурных фотоэлектрических преобразователей, разработки систем автоматического мониторинга фотоэнергетических установок с дистанционным доступом к данным [1].

В МГУ выполняются исследования возобновляемых источников энергии с использованием лабораторного моделирования процессов преобразования солнечной энергии в кинетическую энергию аэротермических движений, в биомассу, аккумулирующую энергию фотосинтеза, в фотоэлектричество. Модельные исследования преследуют цель обеспечить решение двух задач — диагностики и имитации процессов эффективной генерации энергии при различных значениях параметров среды и краевых условиях.

Для модели электростанции солнечного ветра получено решение системы аэротермических уравнений применительно к определению эффективности процесса преобразования тепла солнечного излучения. Из полученных решений следует, что управлять величиной коэффициента преобразования солнечной энергии можно путем подбора оптимальных значений угла закрутки потока, высоты коллектора, его радиуса, а также высоты и радиуса вытяжной трубы. В электростанции солнечного ветра с характеристиками испанской станции коэффициент эффективности, рассчитанный по формуле составляет 6,5 % против значения 0,65% испанской электростанции. Такие же значения получены и в экспериментах с моделью, имитирующей предложенные технологические дополнения в электростанцию в сравнении с моделью, воспроизводящей вариант испанской станции [2].

Опыт использования имитационного моделирования процессов преобразования солнечной энергии был распространен и на модели биоэнергетических установок, воспроизводящих инновационные элементы технологий эффективной аккумуляции солнечной энергии в биомассу микроводорослей и ее последующим преобразованием в биотопливо. Были созданы и испытаны различные варианты двух стадийной схемы культивирования [3]. На первой стадии в фотореакторах наращивалось большое количество альгологически чистой биомассы, которая затем помещалась в открытые системы с максимальным освещением и низкими концентрациями питательных веществ. В условиях физиологического стресса происходило быстрое нарастание биомассы и усиленный биосинтез масла в клетках. Энергетическая продуктивность биомассы в среднем могла достигать значений порядка 763 ГДж/га/год. Это значительно выше аналогичных значений (порядка 50 ГДж/га/год), которые получается при выращивании наземных растений. Сравнительный анализ продуктивности масличных культур (рапса) и микроводорослей как сырья для зеленого топлива свидетельствует о принципиальной возможности замены наземных растений микроводорослями для энергетических целей.



**Литература**

1. Zelentsov, K. S., Gudovskikh, A. S. 2016. GaP/Si anisotype heterojunction solar cells // Journal of Physics: Conference Series 741:012096
2. Soloviev A.A. 2014. Vortice convettivo di energia solare // Italian Science Review. 6: 91-94.
3. Chernova, N.I., Korobkova, T.P., Kiseleva S.V. 2010. Use of Biomass for producing liquid Fuel: Current State and Innovation. // Thermal Engineering. 57(11): 937-945.

**References**

1. Zelentsov, K. S., Gudovskikh, A. S. 2016. GaP/Si anisotype heterojunction solar cells // Journal of Physics: Conference Series 741:012096
2. Soloviev A.A. 2014. Vortice convettivo di energia solare // Italian Science Review. 6: 91-94.
3. Chernova, N.I., Korobkova, T.P., Kiseleva S.V. 2010. Use of Biomass for producing liquid Fuel: Current State and Innovation. // Thermal Engineering. 57(11): 937-945.

## **Renewable geosphere energy: new ideas and perspective research methods**

A.A. Solovyev

Faculty of Geography, Moscow State University Lomonosov Moscow, Russia

E-mail: [a.soloviev@geogr.msu.ru](mailto:a.soloviev@geogr.msu.ru)

**Abstract.** The article discusses new approaches to scientific research and ideas in the renewable energy of the geospheres, which attract close attention in all countries of the world.

**Keywords:** energy, geography, renewable energy sources, modeling, resources, technologies

УДК 620.92

**Российская солнечная электроэнергетика**

В.А. Бутузов [0000-0003-2347-97143]

Кубанский государственный аграрный университет  
им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

E-mail: butuzov@newmail.ru

**Аннотация.** Статья содержит описание развития в России основных технологий солнечной энергетики: термодинамической и фотоэлектрической. Приведены результаты исследований, создания и эксплуатации первой в СССР Крымской солнечной термодинамической электростанции. Анализируются результаты теоретических и экспериментальных исследований фотоэлектрических преобразователей. Описаны технологии создания космических фотоэлектрических станций и опыт их применения для наземных установок. Приведено краткое описание российских фотоэлектрических исследований. Представлен перечень российских наземных сетевых фотоэлектрических электростанций, порядок их сооружения, основные владельцы.

**Ключевые слова:** солнечная энергетика, солнечные термодинамические электростанции (СЭС), фотоэлектрические электростанции (ФЭС), фотоэлектрические преобразователи (ФЭП), фотоэлектрические модули (ФЭМ), концентрация солнечного излучения, наземные ФЭС, космическая фотоэнергетика.

**1 Введение**

Солнечная электроэнергетика мира развивается стремительными темпами. За последние 10 лет ее установленная мощность увеличилась в несколько раз и составила в 2019 г. 510,5 ГВт. При этом удельная стоимость сооружения солнечных электростанций (СЭС) ежегодно уменьшается. В основе создания СЭС две основные технологии. Станции с прямым преобразованием солнечного излучения в электроэнергию принято называть фотоэлектрическими электростанциями (ФЭС) – Photovoltaic Solar Power (PV). Они составляют подавляющее большинство (99%) СЭС в мире общей установленной мощностью 505 ГВт (2019г.). Вторая, менее распространённая технология преобразования солнечной энергии в тепловую (пар), а затем в электрическую, лежит в основе термодинамических СЭС – Concentrated Solar Power (CSP). Общая установленная мощность таких

СЭС составляла в 2019 г. 5,5 ГВт (1%). В России в 2019 г. термодинамические СЭС отсутствовали, а установленная мощность ФЭС составляла 1394,474 МВт или 0,4% всех СЭС мира. На рис. 1 представлена самая большая в 2019 г. ФЭС России - Самарская установленной мощностью 75 МВт.



Рис. 1. Самарская СЭС

## 2 Солнечные термодинамические электростанции

В России оба направления солнечной энергетики начали развиваться в двадцатом веке [1]. Основоположителем термодинамических СЭС был д.т.н. Борис Петрович Вейнберг (1871-1942 гг.) (рис. 2). Он был членом комиссии по изучению естественных производительных сил (КЕСП) России, организованной в 1915 г. в Императорской Санкт-Петербургской академии наук, а также членом Русского отделения международного союза по исследованию солнца. Как отмечал первый академик - теплоэнергетик СССР Михаил Викторович Кирпичев (1879-1955 гг.) Б.П. Вейнберг провел теоретические и проектные изыскания в области применения солнечной аппаратуры для получения пара, горячего воздуха, механической энергии. Он организовал при Томском университете первую в России метеостанцию с измерением солнечной радиации, руководил Главной геофизической лабораторией в Ленинграде, разработал теорию концентрации солнечного излучения, конструирования солнечных опреснителей. Будучи разносторонним, ученым Борис Петрович участвовал в основании Института по изучению магнитного поля Земли и в его 23 научных экспедициях, исследованиях по гляциологии (науки о льде), первым в мире в начале XX века запатентовал в США конструкцию поезда на магнитной подушке. После трагической смерти в блокадном Ленинграде его

гелиотехнические исследования продолжил сын Всеволод Борисович Вейнберг (1907-1981), который в том числе в сороковые годы исследовал ресурсы солнечной радиации СССР.



Рис. 2. Б.П.Вейнберг

В тридцатые годы гелиотехнические исследования выполнялись в Ленинграде в Физико-техническом институте, Областном теплотехническом институте (теперь ЦКТИ), Оптическом институте, Энергетическом институте АН СССР (ЭНИН). Со второй половины тридцатых годов благодаря усилиям академика М.В. Кирпичева ЭНИН стал ведущей организацией СССР по солнечной энергетике. Испанский ученый Федерико Молеро (1908-1969), убежденный коммунист и высококвалифицированный специалист, в сороковые годы в ЭНИНе организовал лабораторию гелиотехники и разработал теорию создания солнечных концентраторов. В 1949 г. по его чертежам в Ташкенте был построен параболический концентратор диаметром 10 м, с помощью которого был получен пар с температурой 200°C. В том же году в Москве был проведен Первый гелиотехнический съезд СССР [2] на котором, подводя итоги разработок по СЭС академик Кирпичев М.В., имевший опыт совместной работы с А.Ф. Иоффе по фотоэнергетике в тридцатые годы заявил, что кардинальное решение проблемы преобразования солнечной энергии – непосредственное превращение в электрическую энергию. Выдающийся руководитель к.т.н. Юрий Николаевич Малевский (1948-1980), возглавивший гелиотехническую лабораторию ЭНИН в 32-летнем возрасте обеспечил реализацию многолетних исследований по созданию Крымской термодинамической СЭС. Личные связи с руководителями Минэнерго СССР, конструктивные контакты с 15 организациями и ведомствами обеспечили сооружение в 1985 г. в составе Крымской АЭС первой в СССР СЭС мощностью 5 МВт [3]. Проект станции был разработан Рижским отделением института «Теплоэлектропроект» (ГИП - О.А. Ванберг). Гелиостаты были запроектированы ПКБ «Энергостроймеханизация» (ГИП - А.З. Антиславский). На рис. 3 представлен макет Крымской

СЭС 1600 солнечных гелиостатов с площадью каждого  $25 \text{ м}^2$  концентрировали солнечное излучение на паровом котле, установленном на специальной башне на высоте 75 м. Из котла пар с температурой  $250^\circ\text{C}$  поступал в турбину и обеспечивал выработку электроэнергии. За пять лет опытной эксплуатации СЭС (1985-1990) была достигнута максимальная мощность 5,7 МВт. Максимальная годовая выработка электроэнергии составила 726 тыс. кВт·ч [4]. Основным недостатком этой СЭС состоял в невозможности круглосуточной работы из-за отсутствия проектных баков – аккумуляторов (два по  $1000 \text{ м}^3$ ). В 1990 г. эксплуатация Крымской АЭС была прекращена и в дальнейшем в нашей стране термодинамические СЭС не строились.

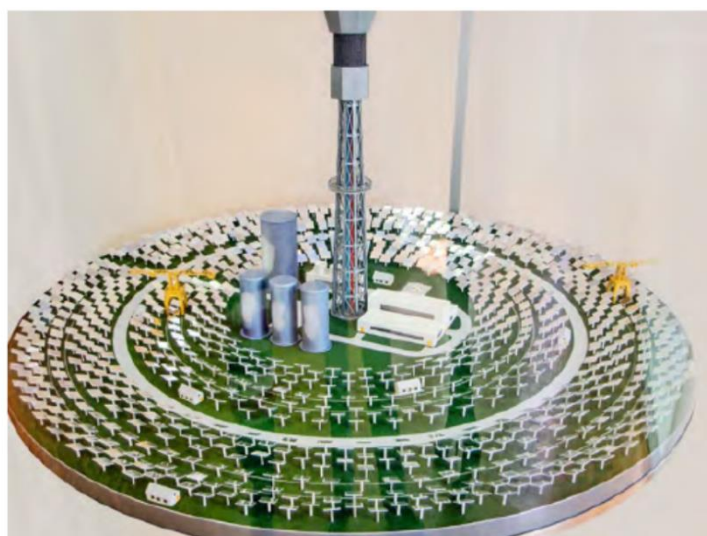


Рис. 3. Макет СЭС-5 в Крыму

### 3 Исследования и разработки фотоэлектрических преобразователей

Фундаментальные исследования по фотоэлектрическим преобразователям (ФЭП) выполнялись в России в начале двадцатого века выдающимся физиком Абрамом Федоровичем Иоффе (1880-1960г.г.) (рис. 4). В его докторской диссертации «Упругое последствие в кристаллическом кварце», выполненной под руководством Вильгельма Рентгена в 1905 г. в Мюнхенском университете, а затем в магистерской диссертации «Элементарный фотоэлектрический эффект. Магнитное поле катодных лучей. Опытные исследования», защищенной им в 1913 г. в Санкт-Петербургском политехническом институте, в фундаментальной книге 1927 г. «Физика кристаллов» были изложены основные идеи по развитию фотоэнергетики. В созданном им ленинградском Физико-техническом институте в

1930 г. была организована полупроводниковая группа, и в числе его вновь организованных 13 институтов – Среднеазиатский гелиоцентрический институт в Самарканде.



Рис. 4. А.Ф.Иоффе

Для реализации любой научной идеи нужны личности с особым талантом воплощения идей и формул в реально действующие объекты. Таким выдающимся ученым, организатору науки и производства, которому Россия обязана успехами, в космической энергетике был член-корреспондент АН СССР Николай Степанович Лидоренко (1916-2009) (рис. 5). Возглавив в 1950 г. в возрасте 34 лет Всесоюзный научно-исследовательский элементарно-электроугольный институт (в дальнейшем Всесоюзный научно-исследовательский институт источников тока – ВНИИТ) он руководил разработкой советской автономной энергетики ракет и космических аппаратов. Знакомство его с академиком А.Ф. Иоффе состоялось у заместителя председателя правительства СССР М.Г. Первухина в 1951 г., когда Н.С. Лидоренко была поручена организация производства термоэлектрических источников электропитания. В 1957 году Ленинградским институтом полупроводников АН СССР под руководством А.Ф. Иоффе, Московским физико-техническим институтом им. П.Н. Лебедева АН СССР (ФИАН), Государственным институтом редких металлов (ГИРЕДМЕТ) был изготовлен и передан во ВНИИТ опытный экземпляр ФЭП из монокристаллического кремния площадью  $0,5 \text{ см}^2$  [5]. На его основе Н.С. Лидоренко организовал производство ФЭП, которые в мае 1958 г. впервые в СССР были установлены на третьем советском спутнике (рис. 6). Все последующие советские космические аппараты были оснащены ФЭП отечественного производства. Наземное применение ФЭП было начато в 1964 г. в Туркмении, где д.т.н. Б.В.Тарнижевский после перехода из ЭНИНа [3] во ВНИИТ

разработал и испытал первую в мире ФЭС с концентраторами солнечного излучения мощностью 250 Вт для электропривода оросительных насосов в пустыне Кара-Кум. Новым принципиально важным этапом в развитии фотоэнергетики было создание в 1967 году в Ленинградском физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе под руководством академика Ж.И.Алферова арсенид-галлиевых ФЭП. ВНИИТ успешно применил их на космических станциях «Венера-4», «Луноход-1», «Луноход-2». Эти ФЭП обеспечивали в условиях космоса КПД до 30%, они эффективно работают с концентраторами солнечного излучения. Во ВНИИТ с 1960 по 1987 гг. работал Дмитрий Семенович Стребков, 1937 г.р. (рис. 7), который разработал новое научное направление по преобразованию концентрированного солнечного излучения и новый класс матричных высоковольтных ФЭП [7, 8]. С 1975 г. он начальник экспериментально-технологического подразделения, заместитель главного конструктора НПО «Квант». Под его руководством в девяностые годы была создана сетевая ФЭС мощностью 10 кВт с параболическими концентраторами в Ашхабаде, ФЭС с фоконами во Владикавказе, ФЭС с линзами Френеля в Ташкенте [9]. В эти годы НПО «Квант» (ранее институт ВНИИТ) с численностью сотрудников более тридцати тысяч человек включал в себя два НИИ, 8 отделений и базовых лабораторий, три опытных завода, в т.ч. Московский «Фотон» и Краснодарский «Сатурн», 2 СКБ [6]. В 1986 г. после ухода с должности директора из НПО «Квант» Н.С. Лидоренко в другие организации перешли и ученые, в т.ч. Д.С. Стребков, возглавивший ВНИИ электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ). В этой организации, а с 2016 г. в Федеральном Научном центре ВИМ академик РАН Д.С. Стребков в должности научного руководителя продолжает работы по развитию российской сельской энергетики [9]. Одним из перспективных направлений развития фотоэнергетики является применение ФЭП с концентрируемым солнечным излучением, развиваемое д.т.н. В.В. Харченко [10], В.М. Евдокимовым, Ю.Д. Арбузовым, В.А. Майоровым [11].

Одной из структур НПО «Квант», специализирующейся на разработке и изготовлению фотоэнергетики стал организованный в 1964 г. вначале Краснодарский филиал ВНИИТ, затем опытный завод, а с 1987 г. НПО «Сатурн». Н.С. Лидоренко на должность директора филиала назначил Юрия Николаевича Кулагина, до этого успешно работавшего начальником отдела гелиотехники и промышленной энергетики ПКБ «Пластмаш» в Краснодаре. На территории Геленджикской лаборатории ВНИИТ была построена самая мощная в СССР в то время ФЭС в 30 кВт, а за четыре года в Краснодаре был построен опытный завод ВНИИТ, на котором в 1972 г. была изготовлена первая солнечная батарея для космического аппарата «Стрела-1». К 1987 г. филиал ВНИИТ и опытный завод были объединены в НПО «Сатурн», а производство ФЭП достигло 800 м<sup>2</sup> в год. В восьмидесятые годы НПО был реализован проект «Солнечная деревня» в пос. Черноморском, в 40 км от Краснодара. Были построены пять коттеджей, на кровле которых были установлены ФЭМ мощностью по 3,5 кВт. Научными лидерами «Сатурна» с 1985 г. по 1992 г. в развитии космической и наземной фотоэнергетики были Юрий Владимирович Скоков (1938-2013 г.г.), директор НПО «Сатурн» и его заместитель по научно-техническому развитию Марат Борисович Закс, 1944 г.р. (рис. 8). В 1992 г. он вместе с коллективом разработчиков ФЭМ создал первую в России

частную научно-производственную фирму «Солнечный ветер». На основе списанного с «Сатурна» оборудования и приборов группа энтузиастов открыла в Краснодаре цех, в котором производило изготовление ФЭП и модулей. В 2003 г. фирма производила в год до 1 МВт ФЭМ, а к 2010 – до 5 МВт. Выполнялись также проектирование и монтаж ФЭС «под ключ». В качестве примера ФЭС, построенной в 2004 г. ООО «Солнечный ветер» на рис. 9 представлен энергокомплекс в горах у города Горячий Ключ Краснодарского края для электропитания станции сотового оператора «Билайн» с пиковой мощностью ФЭС 8,5 кВт, работающей до настоящего времени. Замена аккумуляторов была произведена только через 12 лет эксплуатации. При сооружении ФЭС мощностью 10,5 кВт для электропитания станций сотовых операторов «МТС» и «Билайн» на плато Лаго-Наки в горах Адыгеи «Солнечный ветер» в 2007 г. применил двухсторонние ФЭМ по технологии НПО «Сатурн».



Рис. 5. Н.С. Лидоренко



Рис. 6. Спутник -3





**Рис. 7.** Б.В. Тарнижевский



**Рис. 8.** Д.С. Стребков



**Рис. 9.** ФЭП коттеджа в пос. Черноморский



**Рис. 10.** М.Б. Закс



**Рис. 11.** ФЭС Билайн г. Горячий Ключ

В настоящее время основным российским производителем космических ФЭС являются «НПП КП «Квант» (Москва), входящее в состав АО «Информационные спутниковые системы им. академика М.Ф. Решетнева» ГК «Роскосмос» ([www.npp-kvant.ru](http://www.npp-kvant.ru)) и ПАО «Сатурн» в г. Краснодаре ([www.saturn-kuban.ru](http://www.saturn-kuban.ru)). НПП «Квант», являясь родоначальником отечественной фотоэнергетики, разработало и произвело солнечные батареи для 1500 космических аппаратов. На предприятии созданы новые структуры для наземного применения и повышения КПД кремневых солнечных элементов с продолжительностью эксплуатации свыше 25 лет. Производится пять кремниевых фотоэлектрических модулей наземного применения типа КСН номинальной мощностью 180-210 Вт с эффективностью до 19 %. ПАО «Сатурн» с 1971 г. произвело 20 тыс. м<sup>2</sup> фотоэлектрических преобразователей и оснастило ими 1200 космических аппаратов. Предприятием изготавливаются ФЭП на основе кристаллического кремния с эффективностью до 15,5% и по собственной технологии арсенид-галлиевые ФЭП эффективностью до 28%.

#### **4 Современные фотоэлектрические исследования**

В настоящее время теоретические исследования по созданию новых ФЭП выполняются ФТИ им. А.Ф. Иоффе, а технологии их изготовления разрабатываются в научно – техническом центре ГК «ХЕВЕЛ», созданного при ФТИ. НПО

«Квант» продолжает разработки кремниевых структур для космической энергетики. Для этих же целей НПО «Сатурн» (Краснодар) совершенствует арсенид-галлиевые ФЭП.

Исследования по фотоэлектрической энергетике проводятся в Объединенном институте высоких температур (ОИВТ) РАН под руководством д.т.н. О.С. Попеля. В его книге [12] изложены основные принципы развития фотоэнергетики с учетом специфики нашей страны. Анализ современных технологий изготовления ФЭП применительно к российскому рынку представлен д.т.н. О.С. Попелем и соавторами в статьях [13, 14], а также к.г.н. К.С. Дегтяревым [15]. В ОИВТ сформировался коллектив ученых: к.т.н. С.Е. Фрид, к.т.н. Ю.Г. Коломиец, к.т.н. А.Б. Тарасенко [16, 17]. С.Е. Фрид развивает весьма перспективное направление – фотоэлектрические электростанции как альтернатива солнечным тепловым установкам [18]. Отмечено доминирование кристаллического кремния и его перспективы в обозримом будущем. В России в настоящее время отсутствует полный технологический цикл создания кремниевых ФЭП: получения кристаллического кремния в моно – или мульти кристаллических слитках, резка слитков на пластины, травление, легирование, просветление, формирование электронных контактов, сборка параллельно-последовательных модулей, ламинирование, остекление и изготовление корпусов. Лидирующая в космосе технология арсенид-галлиевых ФЭП освоена в России, но дорога для наземной энергетики. Тонкопленочные технологии с нанесением прозрачного слоя проводящего покрытия на стекло или фольгу, разделение пленки на отдельные ФЭП, формирование слоёв с р- и n- проводимостью, нанесение скрайбирования повторного слоя проводящего материала не получили широкого распространения. В лаборатории ВИЭ МГУ им. Ломоносова, под руководством д.т.н. А.А. Соловьева разработана геоинформационная система «Возобновляемые источники энергии» [19]. Исследования по солнечной радиации к.т.н. С.В. Киселёвой совместно с ОИВТ АН РАН положены в основу Атласа солнечной радиации [20]. Общеизвестным специалистом по экономике ФЭС является к.г.н. К.С. Дегтярев [15].

Главным научным изданием по фотоэнергетике в странах СНГ является издаваемый с 1965 г. в г. Ташкенте международный журнал «Гелиотехника» ([www.geliotekhnika.uz](http://www.geliotekhnika.uz)) на русском языке и «AppliedSolarEnergy» на английском. Журнал выпускается НПО «Физика-Солнце» Физико-технического института АН Республики Узбекистан. Главный редактор – д.т.н. Нифалур Раббакуловна Авезова, дочь знаменитого д.т.н. Р.Р. Авезова [1].

В наземной фотоэнергетике выделяют два основных вида систем: автономные и сетевые. Автономные ФЭС имеют существенные отличия от сетевых. В России опыт их сооружения имеет двадцатилетний срок. Кроме постсоветского опыта их создания в ООО «Солнечный ветер» в Краснодарском крае в современной России они широко применяются небольшими частными фирмами, объединенными в некоммерческое партнерство «Зеленый киловатт». АО «Сахаэнерго» ГК «Русгидро» в Якутии построило 18 автономных ФЭС, в том числе самую мощную 1 МВт – Батагайскую в Верхоянском улусе. Особенностью солнечной радиации в Якутске является ее наличие круглые сутки только в летние месяцы.

На Дальнем Востоке ООО «Авелар Солар Технолоджи» реализует проект создания 100 автономных ФЭС для сельских поселений. Эта же компания предлагает для односемейных жилых домов комплект оборудования в составе шести фотоэлектрических модулей общей мощностью 1,7 кВт, аккумуляторов 7,2 кВт·ч и инверторного блока.

## 5 Наземные сетевые фотоэлектрические станции

Современный российский рынок наземной сетевой фотоэнергетики создан после принятия 23 января 2015 г. Правительством России постановления № 47, которое обеспечивает субсидирование сооружения ФЭС мощностью свыше 5 МВт. Инвесторы ФЭС получают долгосрочные договоры на поставку мощностей (ДПМ) на оптовом рынке России после отбора их проектов на конкурсной основе. В отличие от европейских тендерных условий, данная схема предлагает победителям плату за мощность в МВт, а не за выработку электроэнергии в МВт·ч. В соответствии с ДПМ потребители оптового рынка обязаны в течение 15 лет (срок действия договоров) выплачивать регулируемое вознаграждение за отпущенную мощность по льготным тарифам. Такие конкурсы проводятся регулирующим органом – Администратором торговой системы (АТС) ежегодно при участии Совета рынка и «СО ЕЭС». В первом туре проекты отбираются по двум критериям: максимальные капитальные затраты на 1 кВт и по требованиям локализации. В 2020 г. максимально допустимые капитальные затраты ФЭС составляют 103157 руб./кВт, а максимально допустимые расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание – 2880 руб./кВт. На 2020 г. степень локализации установлена в 70%. Постановление правительства РФ № 47 от 23 января 2015 г. обязывает региональные сетевые компании закупать электроэнергию, произведенную ФЭС для компенсации до 5% прогнозируемых потерь в электросетях. Во втором туре отбор производится по минимальным капитальным затратам на реализацию проекта. Победившая организация получает гарантии стабильной рентабельности и выгодные тарифы на электроэнергию, но обязана завершить строительство ФЭС и обеспечить требования по локализации. ФЭС должна также иметь коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) в течение года не менее 0,14. В России имеются три основных производителя и эксплуатанта сетевых ФЭС. Основанная в 2009 г. российскими частными инвесторами группа компаний (ГК) «ХЕВЕЛ» через ООО «Авелар Солар Технолоджи» и ООО «Грин Энерджи Рус» владеет 19 ФЭС с суммарной мощностью 602,5 МВт (43,17%). В настоящее время основная технология изготовления ее ФЭП – двухстороннее плазмохимическое осаждение нанопленок аморфного кремния на кремневые кристаллические пластины с эффективностью до 23%, разработанная в Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе. ГК имеет научно-технический центр тонкопленочных технологий. Основное производство «ХЕВЕЛ» до 250 МВт в год находится в г. Новочебоксарске (Чувашия). Производитель кремневых мультикристаллических пластин (выплавка и резка) – совместное предприятие с Саранским ООО «Электровыпрямитель» – ООО «Гелиос-ресурс». Проектирование и монтаж

ФЭС выполняет ООО «Авелар Солар Технолоджи». Эксплуатацией СЭС занимаются ООО «Авелар Солар Технолоджи» и ООО «Грин Энерджи Рус».

На втором месте частная компания ПАО «Т-Плюс», владеющая 7 ФЭС с суммарной мощностью 250 МВт (17,9%). Значительная часть российского рынка сооружения сетевых ФЭС принадлежит ООО «Солар Системс», учредителем которой является китайская компания Amur Sirius Power Equipment Co.Ltd. Изготовление кремниевых пластин производится на заводе ООО «Солар Кремневые технологии» в г. Подольске (бывший с 1954 г. крупнейший в СССР и в мире химико-металлургический комбинат.). Исходное сырье он получает от предприятия «Усолъе-Сибирский силикон» в Иркутской области. Кремневые пластины из Подольска направляются в Китай и в виде готовых ФЭП возвращаются на завод ООО «Солар Кремневые технологии» в Подольске, где изготавливают ФЭМ.

Наиболее крупными компаниями, владеющими сетевыми СЭС являются ООО «Авелар Солар Технолоджи» - 422,5 МВт в Оренбургской, Саратовской, Волгоградской областях, Республиках Алтай и Башкортостан, Бурятии; ООО «Солар-Системс» - 230 МВт в Оренбургской, Астраханской, Самарской областях и в Ставропольском крае; ТГК ПАО «Т-Плюс» - 250 МВт в Оренбургской области.

Финансовые результаты эксплуатации в 2017 г. двух сетевых СЭС в Башкортостане по данным [21] представлены в статье [22]. Бурибаевская и Бугульчанская СЭС имеют установленные мощности соответственно 20 и 15 МВт. Удельные затраты на поставку ФЭП без учета монтажа составили соответственно 50 млн. руб./МВт и 120 млн. руб./МВт. Для первой из них ООО «Авелар Солар Технолоджи» применил кремневые ФЭМ ГК «ХЕВЕЛ». При сооружении второй из них ПАО «Т-плюс» использовал ФЭМ AST – 245 multi. Эксплуатационные годовые затраты с содержанием на каждой СЭС по 2 электромонтёра, 4 диспетчера, 1 тракториста составили соответственно 4,94 млн. руб. и 6,31 млн. руб. Фактическая выработка электроэнергии Бурибаевской СЭС за 2017 год составила 23887 тыс. кВт·ч, а Бугульчанской – 16847 тыс. кВт·ч, а выручка соответственно 681997 тыс. руб. и 523393 тыс. руб. Таким образом, стоимость реализованной электроэнергии составляла около 30 руб./кВт·ч. При указанных выше значениях удельных инвестиционных затрат с учетом проектных и монтажных работ (коэффициент 1,35) полная стоимость сооружения Бурибаевской СЭС составит 1300 млн. руб., а Бугульчанской – 2340 млн. руб. При указанном значении выручки 2017 г. простой срок окупаемости первой из них составит около двух лет, второй около пяти лет.

## 6 Выводы

1. Российская научная гелиотехническая школа с начала двадцатого века развивалась по двум основным направлениям преобразования солнечной энергии в электрическую: термодинамическому и фотоэлектрическому.

2. Лидерами создания термодинамических СЭС были д.т.н. Б.В. Вейнберг, д.т.н. Ф. Молеро. Эксплуатация построенной в 1985 г. Крымской СЭС мощностью 5 МВт не подтвердила перспективность создания таких электростанций.

3. Лидерами создания фотоэлектрических СЭС в СССР были академик А.Ф. Иоффе, который уже в начале двадцатого века приступил к теоретическим исследованиям и член-корреспондент АН СССР Н.С. Лидоренко, обеспечивший широкое применение ФЭП в космической энергетике.

4. В России за последние шесть лет (с 2014 г.) создан рынок сетевых ФЭС. В 2019 г. работали 63 станций общей установленной мощностью 1394,475 МВт. В стране имеется три основных организации владеющие СЭС: ГК «Хевел» с частным российским капиталом, ПАО «Т-Плюс» с частным российским капиталом и ООО «Солар Системс» с китайским капиталом. Две из них в своем составе имеют бывшие советские заводы, все три не имеют замкнутого производственного цикла. Значительная часть технологических операций выполняется в Китае. В основном применяются ФЭП на основе кремния. Арсенид-галлиевые ФЭП по стоимостным показателям не получили распространения. Фактические экономические показатели работающих сетевых ФЭС показывают простую окупаемость от двух лет, что при существующем субсидировании обеспечивает быстрые темпы их развития.

5. Российская космическая энергетика имеет большой опыт, научные заделы и успешную практику адаптации к наземным условиям. Перспективы ее определяются новой программой развития ГК «Роскосмос» и созданием системы трансформации военных технологий для гражданских целей.

## Литература

1. Бутузов В.А. Столетний опыт работы российских научных школ солнечного теплоснабжения // Энергия: экономика, техника, экология. 2019. №2 С.16-29.
2. Сессии, съезды, конференции. Первое Всесоюзное совещание по гелиотехнике. [Электронный ресурс] <http://nashaucheba.ru>. Дата обращения 20.04. 2020 г.
3. Тарнижевский Б.В. Солнечный круг. Энергетический институт имени Г.М. Кржижановского: Воспоминания старейших сотрудников: РАО «ЕЭС России». Аладьев И.Т. и др. М.:ЭНИН. 2000. 205с.
4. Безруких П.П. Исторические этапы и перспективы развития возобновляемой энергетики России// Энергетическая политика. 2005. № 5. С.44-63
5. «Квант»: энергия победы. -М.: Изд-воМАКД.2009. 184 с.
6. Электронный ресурс. Официальный сайт НПП «Квант» Код доступа: <http://npp.kvant.ru>. Сборник, посвященный к 100 летию Лидоренко Н.С. Дата обращения 20.04.2020 г.
7. Стребков Д.С. Матричные солнечные элементы. Том1, 2-е изд. М.: ГНУ ВИЭСХ. 2010. 119с.
8. Стребков Д.С., Тверьянович Э.В. Концентраторы солнечного излучения. -М.: Изд. ГНУ ВИЭСХ. 2007. 315с.
9. Стребков Д.С. Техничко-экономические показатели солнечных электроустановок // Гелиотехника. 2018. №5. С43-48.
10. Y.V. Daus, V.V. Kharchenko Evaluating the Applicability of Data on Total Solar – Radiation intensity Derived from Various of Actinometric Information. AppliedSolarEnergy. 2018 № 3 p 17-20.

11. Арбузов Ю.Д., Евдокимов В.М., Майоров В.А. Исследование предельных тепловых и физико-энергетических характеристик фотоэлектрических преобразователей концентрированного солнечного излучения // Гелиотехника. 2017. № 4.С. 5-10.
12. Попель О.С., Фортов В.Е., Возобновляемая энергетика в современном мире. М.: Издательский дом МЭИ. 2015 . 450с.
13. Тарасенко А.Б., Попель О.С., Киселёва С.В. Современное состояние фотоэнергетики в России и за рубежом.// Гелиотехника. 2018. № 3. С.69-82
14. Попель О.С., Тарасенко А.Б.. Состояние и перспективы направления развития технологий фотоэлектрических преобразователей энергии / Доклады. Материалы XI школы молодых ученых. «Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов» имени Э.Э. Шпилерайна. Махачкала. 2019. С.4-19.
15. Дегтярев К.С. Состояние и территориальная организация фотовольтаической солнечной энергетики в России// Окружающая среда и энергосодержание. 2019. № 1 С. 23-38.
16. Коломиец Ю.Г., Меньшиков А.Я., Тарасенко А.Б. Влияние уровня инсоляции на качество электрической энергии и КПД преобразования для сетевых фотоэлектрических станций // Гелиотехника. 2018. №3. С.9-14.
17. Киселева С.В., Попель О.С., Тарасенко А.Б. Оценка эффективности создания сетевых фотоэлектрических станций в некоторых районах центральной Азии и Закавказья // Гелиотехника. 2017. № 2. С. 13-18
18. Фрид С.Е., Тарасенко А.Б. Использование фотобатарей для горячего водоснабжения. Опыт и перспективы. // Альтернативная энергетика и экология. 2018. № 16-18, С.23-28.
19. ГИС ВИЭ // Геоинформационная система Возобновляемые источники энергии России [электронный ресурс] Режим доступа: <http://gisre.ru/menu-sun/menu-ses-map> (Дата обращения 13.05.2017).
20. Попель О.С., Фрид С.Е., Коломиец Ю.Г., Киселёва С.В., Терехова Е.Н. Атлас ресурсов солнечной энергии на территории России. ОИВТ РАН М.: 2010.
21. Электронный ресурс. Официальный сайт ООО «Энергоконтакт» код доступа: <http://energocomtact-Orenburg.ru>. Дата обращения 20.04.2020 г.
22. Молчанова Р.А., Новоселов И.В., Абдуллина Э.А., Закирова Г.Р. Эффективность солнечных электростанций на примере условий Республики Башкортостан // Энергобезопасность и энергосбережение 2019. № 4 (88) С. 25-32.

## References

1. Butuzov V.A. Stoletniyopytrabotyrossiyskikhnauchnykhshkolsolnechnogoteplosnabzheniya // Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya. 2019. №2 S.16-29.
2. Sessii, s"yezdy, konferentsii. PervoyeVsesoyuznoyesoveshchaniyepogeliotekhnike. [Elektronnyyresurs] [http:// Sfs.nachaucheba.ru](http://Sfs.nachaucheba.ru). Data obrashcheniya 20.04. 2020 g.
3. Tarnizhevskiy B.V. Solnechnyykrug.Energeticheskiyinstitutimeni G.M. Krzhizhanovskogo: Vospominaniyastareyshikhsostrudnikov: RAO «YEES Rossii». Alad'yev I.T. i dr. M.:ENIN. 2000. 205s.
4. Bezrukikh P.P. Istoricheskiyeetapy i perspektivyrazvitiyavozobnovlyayemoyenergetikiRossii// Energeticheskayapolitika. 2005. № 5. S.44-63
5. «Kvant»: energiyapobedy. M.:Izd-voMAKD.2009. 184 s.
6. Elektronnyyresurs. Ofitsial'nyysayt NPP «Kvant» Koddostupa: <http://npp.kvant.ru>. Sbornik, posvyashchenny k 100 letiyuLidorenko N.S. Data obrashcheniya 20.04.2020 g.

7. Strebkov D.S. *Matrichnyyesolnechnyyelementy*. Tom1, 2-ye izd. M.: GNU VIESKH. 2010. 119s.
8. Strebkov D.S., Tver'yanovich E.V. *Kontsentratorysolnechnogoizlucheniya*. M.:Izd. GNU VIESKH. 2007. 315s.
9. Strebkov D.S. *Tekhniko-ekonomicheskijepokazatelsolnechnykhlektroustanovok // Geliotekhnika*. 2018. №5. S43-48.
10. Y.V. Daus, V.V. Kharchenko *Evaluating the Applicability of Data on Total Solar – Radiation intensity Derived from Various of Actinometric Information*. *AppliedSolarEnergy*.2018 №3 p 17-20.
11. Arbuzov YU.D. Yevdokimov V.M., Mayorov V.A. *Issledovaniyepredel'nykhteplovyykh i fiziko-energeticheskikhkarakteristikfotoelektricheskikhpreobrazovateleykontsentririrovannogosolnechnogoizlucheniya // Geliotekhnika*. 2017. № 4.S. 5-10.
12. Popel' O.S., FortovV.Ye., *Vozobnovlyayemayaenergetika v sovremennom mire*. M.: Izdatel'skiydom MEI. 2015 . 450s.
13. Tarasenko A.B., Popel' O.S., Kiselova S.V. *Sovremennoye sostoyaniyefotoenergetiki v Rossii i zarubezhom.*// *Geliotekhnika*. 2018. № 3. S.69-82
14. Popel' O.S., TarasenkoA.B..*Sostoyaniye i perspektivynapravleniyarazvitiyatekhnologiyfotoelektricheskikhpreobrazovateleyenergii / Doklady.Materialy XI shkoly-molodykhuchenyykh.«Aktual'nyyeproblemyosvoyeniyavozobnovlyayemykhenergoresursov» imeni E.E. Shpil'rayna. Makhachkala*. 2019. S.4-19.
15. Degtyarev K.S. *Sostoyaniye i territorial'nayaorganizatsiyafotovol'tanicheskoysoolnechnoy-energetiki v Rossii// Okruzhayushchayasreda i energovedeniye*. 2019. № 1 S. 23-38.
16. Kolomiyets YU.G., Men'shikov A.YA., Tarasenko A.B. *Vliyaniyeurovnyainsolyatsiinakachestvoelektricheskoyenergii i KPD preobrazovaniyadlyasetevykhfotoelektricheskikhstantsiy // Geliotekhnika*. 2018. №3. S.9-14.
17. Kiseleva S.V., Popel' O.S., Tarasenko A.B. *Otsenkaeffektivnostisozdaniyasetevykhfotoelektricheskikhstantsiy v nekotorykhrayonakhtsentral'noyAzii i Zakavkaz'ya // Geliotekhnika*. 2017. № 2. S. 13-18
18. FridS.Ye., Tarasenko A.B. *Ispolzovaniyefotobatareydlyagoryachegovodosnabzheniya. Opyt i perspektivy. // Al'ternativnayaenergetika i ekologiya*. 2018. № 16-18, S.23-28.
19. GIS VIE // *GeoinformatsionnayasistemaVozobnovlyayemyyeistochnikienergiiRossii [elektronnyyresurs]* Rezhimostupa: [http://gisre.ru/ menu – sun/menu-ses-map](http://gisre.ru/menu-sun/menu-ses-map) (Data obrashcheniya 13.05.2017).
20. Popel' O.S., FridS.Ye., KolomiyetsYU.G.,Kiselova S.V., TerekhovaYe.N. *Atlas resursovsoolnechnoyenergiinaterritoriiRossii*. OIVT RAN M.: 2010.
21. *Elektronnyyresurs. Ofitsial'nyysayt OOO «Energokontakt» koddostupa: http:// energokontakt – Orenburg.ru*. Data obrashcheniya 20.04.2020 g.
22. Molchanova R.A., Novoselov I.V., Abdullina E.A., Zakirova G.R. *Effektivnost' solnechnykhlektrostantsiynaprimereusloviyRespubliki Bashkortostan // Energobezopasnost i energoberezheniye* 2019. № 4 (88) S. 25-32.

## Russian Photovoltaic

V.A. Butuzov

Kuban state agrarian university of I.T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation.

E-mail:butuzov@newmail.ru



**Abstract.** Article make a describesthe development in Russia of the basic technologies of solar energy: thermodynamic and photoelectric. The results of research, creation and operation of the first in the USSR Crimean solar thermodynamic power plant are presented. The results of theoretical and experimental studies of photoelectric converters are analyzed. The technologies for creating space-based photovoltaic power plants and the experience of their application for surface installations are described. A brief description of Russian scientific photovoltaic schools is provided. The list of modern Russian ground-based network photovoltaic power plants, the procedure for their construction, the main owners are presented.

**Keywords:** Solar power, thermodynamics solar power, photoelectric modules, photoelectric converters, photovoltaic power plants, concentration of solar radiation, ground-based FES, space photovoltaic.

УДК 574.68:57.031

## Пассионарность и пандемия – проявления солнечной активности

В.В. Бушуев<sup>[0000-0001-9288-4699]</sup>

Объединенный институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН),  
г. Москва, Россия  
Институт энергетической стратегии (ИЭС), г. Москва, Россия

E-mail: vital@guies.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются энергоинформационные основы пассионарности, катастроф и пандемии, как следствие изменения цикличности солнечной активности.

**Ключевые слова:** солнечная активность, ресурсно-инновационное развитие, энергетика, новые вызовы, катастрофы, пандемия.

### 1 Введение

2020 год – очередной «високосный» год, каких было и будет немало. Почему же на этот раз он проявился беспрецедентным падением нефтяных цен, новым экономическим кризисом, вирусной пандемией и безудержной паникой по всему миру.

Принято считать, что добавление еще одного дня - 29 февраля – это всего-навсего казуистическая договоренность о дополнительном к 24 февраля «втором шестом» дне до мартовских календ (начала весны) в целях равновесия солнечного календаря, для каждого четвертого года, отчего он и прозывается «високосным» (от лат. bis sextum). Но почему же в народной мифологии этот год считается опасным для всех и вся. Последний день зимы являлся рубежным перед новым годом (а раньше новый год начинался 1 марта), и он знаменовался, как и всякий крутой переход, крушением старого мира и рождением нового времени. Люди всегда боятся перемен. Все новое кажется страшным, ибо все новое рождается в муках. Поэтому 29 февраля называется днем Касьяна - високоса – «святого грешника», перешедшему на сторону бесов и охраняющего «врата ада». А раз в 4 года Касьян освобождался от охранной службы и тогда несчастья ада вырывались наружу и несли людям большие неприятности и страдания. Точнее говоря, високосный год не сам по себе считается неудачным и полным всяких

бедствий, а является лишь их предшественником. Но человеческая натура устроена так, что для нас само ожидание чего-то неизвестного и неприятного несет гораздо больше негатива, чем сам факт их осуществления. Люди любят бояться, вот и в свое оправдание придумывают всякие «страшилки», покуда не окунуться в новую «купель».

## 2 Цикличность природы и жизнь людей

Мифы всегда придумываются людьми, но не пустом месте, а отражая тот мир и те его проявления, которые имели место быть и остались в памяти народа. Миф – это соединение наблюдаемой социоприродной реальности и его ирреальное отражение в человеческом сознании и подсознании. Поэтому и статистика свидетельствует, что «нет дыма без огня», и високосные годы характеризуются крахом одних устоев и рождением нового порядка. Иногда эти переломы происходят каждые 4 года, а иногда они становятся более заметными по истечению 12-летних (3 группы по 4 года) и других (36 и 72, 20 и 40-летних) временных периодов, которые так или иначе отражаются в череде високосных лет. Вообще, группировка из четырех этапов – это природная закономерность, закреплённая в нашем сознании: 4 времени суток (утро, день, вечер, ночь), 4 времени года (весна, лето, осень, зима). Последний период всегда знаменует ожидание чего-то нового, и все живое «прячется под одеяло» в это время: ночью спят люди и зверушки, а зимой «засыпает» под снегом вся природа. Пока их не разбудит новый (утренний или весенний) луч солнца. Каждый из этих 4-х отрезков времени в свою очередь делится на 3 периода: рассвет, расцвет и раскрытие, а потому в сутках 12 часов (до полудня) и столько же – после: а в году – 12 месяцев. Люди живут по временным законам природы. Природную сменяемость они закрепили и в своей жизни, в своем календаре и в своей истории. Такая социоприродная фрактальность (подобие во времени и пространстве) является общей закономерностью нашего бытия и исторической эволюции цивилизации [1]. Три отрезка времени люди и природа бодрствуют и действуют, а на 4-й они отдыхают в опасном ожидании «касяна – високоса» как предвестника перемен, с тем, чтобы «на утро» под лучами озарившего мир солнца с новыми силами окунуться в новый день.

И наоборот, 4 года в истории группируются в триаду, и тогда возникает 12-летний социоприродный фрактал, подобный зодиакальному перемещению планет солнечной системы. Доминирующая планета - Юпитер имеет 12-летний период своего обращения вокруг Солнца, определяя главную периодичность его переменной активности. А отсюда и все земные события фрактально повторяют ход небесных планет. На этой основе возникла еще в глубокой древности и астрология, которая дала начало не только астрономии, но и естествознанию, и природоведению, и истории. А сегодня она незаслуженно забыта и объявлена чуть ли не лженаукой. Один из постулатов теории этногенеза Л.Гумилева, а именно постулат о пассионарности человеческих масс (и не только людей, но всего живого мира и всей природы) вернул нас к пониманию, того, что именно периоди-

чески повторяющаяся солнечная активность «будоражит» наш земной мир. Энергия Солнца (космическая энергия, трансформируемая нашей звездой под влиянием межпланетарного взаимодействия, запасает наш внутренний потенциал, который каждые 12 лет (и в виде субгармоник – в високосные годы, а также с более длинной периодичностью) «закипает от переполнения» и грозит выплеснуться наружу. Наш социоприродный потенциал достигает своего локального максимума и «взрывается». Это (с наступлением нового утра) и происходит.

Так, на протяжении 20 и 21 –го веков високосные годы с периодичностью в 12 и 24 года имели место в канун важнейших исторических событий: високосный 1904 год ознаменовал переход недовольства граждан от поражения России в русско-японской войне к «кровавому воскресенью» 1905 года; 2016 год – переход от 1-й мировой войны к Октябрьской революции 1917 года, в корне изменившей весь мир [2]. Високосный 1940 год ознаменовал переход 2-й мировой войны в Великую отечественную войну 1941 года, а спустя 12 лет предвосхитил смерть И.Сталина в 1953 г. недоумение народа, а как жить без него. Ничего – выжили. А високосный 1964 год завершил «хрущевскую оттепель» и стал началом «брежневского застоя». В 1988 году Касьян – високос посеял смуту в национальном противостоянии кавказских народов и привел вначале к локальному Карабахскому конфликту, а затем к массовому росту национализма в казалось бы благополучной в этом отношении стране. Советский Союз «разорвало» на куски и бросило в «омут» чуждого нам капитализма.

Прошло всего 12 лет, и 2000 год ознаменовал конец кратковременного либерализма Ельцина и стал предвестником долговременной эпохи Путина, характеризующейся на первых порах сохранением единства страны и экономическим возрождением России ( за счет бурного роста спроса на нашу нефть в Китае). Но начало 2010-х годов – стало периодом очередного мирового кризиса. Недаром 2012 год стал ожиданием «конца света» (по календарю майи), на что в России ответили укреплением авторитаризма и военными противостояниями на территории СНГ и на Ближнем Востоке.

Високосные кризисы всегда были предвестником не только больших бедствий, но и всяких инноваций в социально-политической и технологической сферах. Октябрьская революция 1917 года открыла, а «демократическая» волна 1989 г. завершила 72-летний период социализма в СССР, длившийся половину т.н. «имперского цикла», составляющего 144 года. Внутри этого периода было немало социальных и технологических инноваций.

Так, первый пятилетний план Страны Советов, принятый в 1928 году стал стартом массовой культурной революции, индустриализации и коллективизации, позволившей стране уже к 1932 году решительно искоренить безграмотность; построить ДнепроГЭС, начав масштабную реализацию плана ГОЭЛРО; перевести сельское хозяйство с сохи на трактора. Все эти инновационные перестройки идеологии, экономики и культуры сопровождались массовым энтузиазмом населения, его пассионарным (активным) участием в глобальном революционном преобразовании страны. Массовый героизм народа мощно проявился и во время ВОВ и в последующие годы.

Переломные высокосные годы в истории СССР и новой России совпали и с началом атомной (1956) и космической эры (1960), вызвавшей неподдельный патриотизм народных масс. Целина и БАМ стали символом молодежного движения. В 1964 году – началось освоение Самотлора – первого крупнейшего месторождения Западно-сибирского нефтегазового комплекса. В этом же году создана первая отечественная ЭВМ (МИМ). В 1964 и 1968 годы – пуск Братской и Красноярской ГЭС – основы Ангара-Енисейского энергопромышленного комплекса. Тогда же началось и подключение Сибири к Единой электроэнергетической системе страны.

Но и технологические аварии происходили с «незавидной» регулярностью. Только крупнейшие радиационные катастрофы имели 10-12-летнюю периодичность (на химкомбинате «Маяк» в Кыштыме на Урале в 1957 г.; в Гренландии в 1968 г. разрушились 2 термоядерные бомбы при падении самолета B-52 ВВС США; авария на АЭС Три-майл-Айленд в США - в 1979г.; «внеплановая» в 1986 г. Чернобыльская катастрофа; инцидент на ядерном объекте Токамура в Японии – в 1999г., взрыв на Фукусиме в 2011 г. Уж не ждать ли нам чего-то подобного в 2021 – 22 гг.??

### 3 Солнечная активность и кризисы

Так же регулярно мир переживал и экономические кризисы [3]. Так, 1976 год стал предвестником нефтяного кризиса, в полной мере охватившего мировой рынок в 1979 году. Тот же 1988 год стал началом всемирной экономической рецессии, который для большинства стран через пару лет благополучно закончился, а у нас «подлил масла в огонь» националистических выступлений в Прибалтике, на Украине, что и привело в конце к развалу СССР. Переизбрание Ельцина на пост Президента России в 1996 году не предотвратило, а скорее усугубило финансовый кризис в невисокосном 1998 году. А в 2008 году страну, как и весь мир, накрыло волной нового экономического кризиса. В нынешнем 2020 году разразился еще более мощный экономический упадок, совпавший по времени с обвалом мировых цен на нефть, а еще и с пандемией коронавируса. Но... может быть, это только начало вступления на Землю Касьяна – високоса, ибо по прогнозам многих экспертов (и по нашим модельным прогнозам, полученным еще в 2018 году, и по оценкам экспертов ФРС США) подлинный экономический коллапс ожидается в 2022 году, когда экономика всего мира (в т.ч. и Китая) опустится ниже нулевых отметок роста ВВП (рис.1) [4].

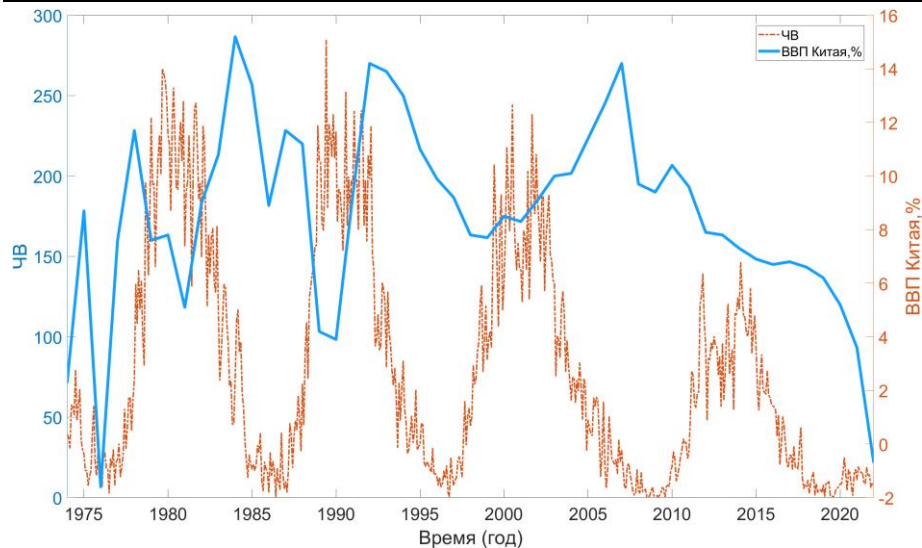


Рис. 1. Нейросетевой прогноз ВВП Китая и ЧВ до 2022. Источник: аналитические данные ИЭС, <http://www.energystategy.ru/projects>, [5]

Цены на нефть тоже имеют 10-12-летние циклы взлетов и падений (рис.2). Для наглядности эта динамика макроэкономических и ценовых показателей представлена в виде волн Эллиотта, представляющих собой фрактальную конструкцию событий (3 повышательных волны и 4-я обвальная).

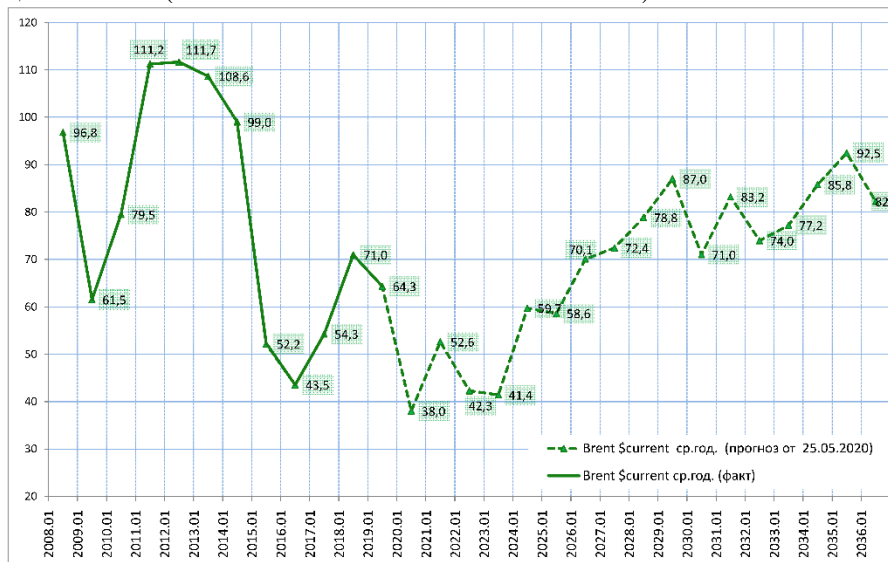


Рис. 2. Нейросетевой прогноз цены нефти Brent (U.S. Dollars Per Barrel) – среднегодовые данные - прогноз от 25.05.2020. Источник: [6].

Очередной субгармонический 4-х летний подцикл как завершающая часть соответствующей 12-летней волны после кризиса 2008 г. начался в 2016 г. с естественного повышения цен. То обстоятельство, что в конце того же года состоялась сделка ОПЕК+, способствовало этому росту, хотя и не было его прямой первопричиной. А в 2020 году ожидалось (еще по прогнозам того же 2016 г.) естественное падение мировых цен на нефть до 45 – 50 долл. за баррель, в соответствии с циклами их колебаний. Локальная экономическая рецессия в это время была бы не столь заметной, если бы не два внешних для мирового рынка события. Одно из них связано с коронавирусной пандемией (естественной или рукотворной - ?), охватившей своими паническими ожиданиями весь мир. Об этом – немного дальше. А второе – связано с «неуклюжей» искусственной попыткой нефтяных экспортеров подорвать «сланцевую» американского конкурента путем развала ограничительной сделки ОПЕК+ и демпинговых поставок углеводородов на мировой рынок, который уже находился на нижнем уровне в связи с приостановкой спроса и производства из-за макроэкономических причин. При отсутствии этой рукотворной причины мир бы переболел коронавирусом и со второй половины 2020 года цены вернулись бы на стабильный уровень в 60-70 \$, а экономика стабилизировалась бы на какое-то время (в ожидании кризиса 2022 г.). Но впрыснуть в виде демпинга дополнительные поставки нефти в этот момент – это значит, в угоду своим корпоративным интересам поставить и Россию и весь мир на грань «экономической пандемии».

В настоящее время Земля находится в глубоком минимуме цикла солнечной активности. Количество солнечных пятен было относительно высоким в 2014 году, а затем их становилось все меньше и меньше. Глубокий минимум начался в 2019 году и еще не завершился. Наличие широкого и глубокого минимума на графике солнечной активности коррелирует со временем развития пандемии коронавируса (рис.3). Механизм связи Солнце — эпидемия может быть связан с тем, что в годы повышенной (или пониженной) солнечной активности они усиленно размножаются болезнетворные микроорганизмы и появляются те или иные возбудители эпидемий, чувствительные к уровню солнечного излучения. Наряду с этим на пиках активности Солнца по каким-то пока неясным причинам снижается сопротивляемость организма инфекциям. Сочетаясь, все эти причины и объясняют связь эпидемий с солнечными ритмами. Здесь – не место (да и у автора нет сколь-нибудь убедительных представлений о биологической природе происхождения вирусов как доклеточных образований и их роли в биологической эволюции всего живого на земле и в космосе).

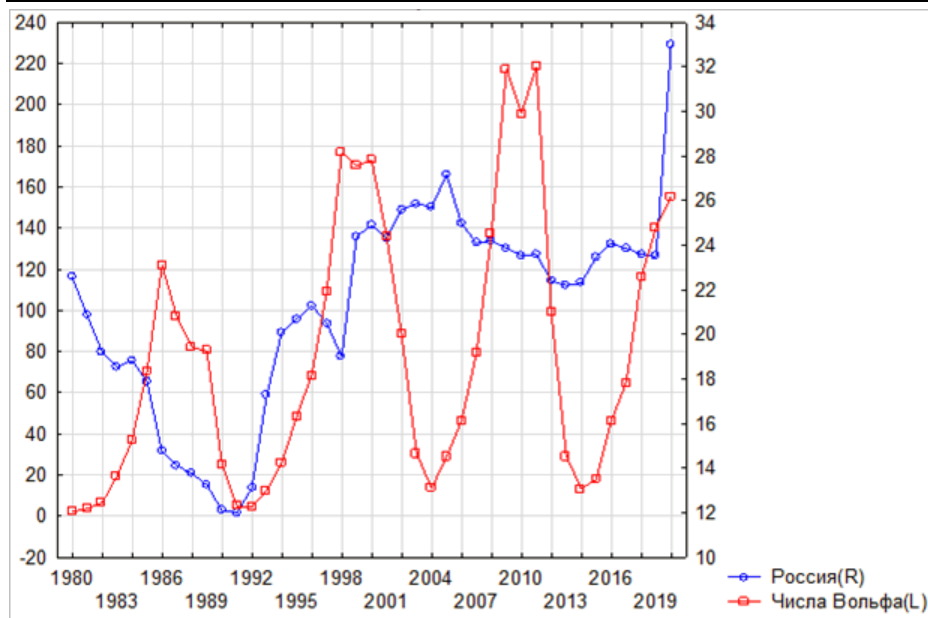


Рис. 3. Стандартизованный коэффициент смертности от пневмонии (СКС) от пневмонии 1980 -2020 гг для РФ (R) числа Вольфа (L).. Источник: база данных ВОЗ.

#### 4 Заключение

Вирусные эпидемии накрывают мир также с незавидной регулярностью. Это – еще одно проявление солнечной активности, когда энергия космоса «возбуждает» не только земной социум, но и нашу «планету вирусов», которые заполнили мир еще задолго до появления человечества и живут по своим законам.

И как тут не поверить в то, что Касьян – високос - это не придуманный кем-то миф, а реальное периодически повторяющееся событие, влекущее за собой мировые катастрофы и кризисы. А кризис – это не только крах старого пережитого, но и начало нового этапа эволюционного развития. Через тернии – к звездам.

Так что же подпитывало массовые перемены общественного поведения в периоды возникновения разрушительных и позитивных перемен. Явно, что они происходили и происходят не случайно, а в соответствии с неким законом циклических изменений в природе и обществе. И этот закон имеет всеобщий космический характер, а на Земле он проявляется потому, что «мы живем в объятиях Солнца», и именно оно диктует ритм жизни природы и общества.

**Благодарность.** Исследование выполнено в рамках Госзадания ОИВТ РАН АААА-А19-119020690085-9.



## Литература

1. Владимирский Б.М. Солнечно-биосферные связи. Полвека спустя после АЛ Чижевского // История и современность. Издательство “Учитель,” 2009. № 2.
2. Бушуев В.В. Энергия и судьба России. Москва: ИД «Энергия», 2014. 292 р.
3. Бушуев В.В. Случайность или непознанная закономерность? // Энергетическая политика. 2020. № 4(146). Р. 20–29.
4. ВВП [Electronic resource] // Мировой банк. 2020. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locale=ru&locations=RU> (accessed: 27.03.2020).
5. Бушуев В.В., Сокотущенко Н.В., Сокотущенко В.Н. Влияние солнечной активности на социально-политические события XX-XXI веков. Москва: ИД “Энергия,” 2013. 245 р.
6. Бушуев В.В., Сокотущенко Н.В. Brent (U.S. DollarsPerBarrel) – среднегодовые данные - прогноз от 25.05.2020 [Electronic resource] // Институт энергетической стратегии. 2020. Р. 1. URL: [http://www.energystrategy.ru/projects/Oil/May\\_2020.pdf](http://www.energystrategy.ru/projects/Oil/May_2020.pdf) (accessed: 24.06.2020).

## Reference

1. Vladimirovsky B.M. Solar biosphere communications. Half a century after AL Chizhevsky // History and modernity. Publisher “Teacher,” 2009. No.
2. Bushuev V.V. Energy and the fate of Russia. Moscow: Publishing House “Energy”, 2014. 292 p.
3. Bushuev V.V. An accident or an unknown regularity? // Energy policy. 2020. No. 4 (146). P. 20–29.
4. GDP [Electronic resource] // World Bank. 2020. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locale=en&locations=RU> (accessed: 03/27/2020).
5. Bushuev V.V., Sokotushenko N.V., Sokotushenko V.N. The influence of solar activity on the socio-political events of the XX-XXI centuries. Moscow: Publishing House “Energy,” 2013. 245 p.
6. Bushuev V.V., Sokotushenko N.V. Brent (U.S. DollarsPerBarrel) - average annual data - forecast from 05.25.2020 [Electronic resource] // Institute for Energy Strategy. 2020. P. 1. URL: [http://www.energystrategy.ru/projects/Oil/May\\_2020.pdf](http://www.energystrategy.ru/projects/Oil/May_2020.pdf) (accessed: 06.24.2020).

## Passionarity and pandemic – manifestations solar activity

V.V. Bushuev

Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences (JIHT RAS),  
125412, Izhorskaya, 13/2, Moscow, Russia  
Institute of Energy Strategy, 125009, Moscow, Degtyarny Lane, 9

E-mail: [vital@guies.ru](mailto:vital@guies.ru)

**Abstract.** The article discusses the energy-informational foundations of drive, catastrophes and a pandemic, as a result of a change in the cyclicity of solar activity.

**Keywords:** solar activity, resource-innovative development, energy, new challenges, catastrophes, pandemic.

**Acknowledgement.** The study was performed in the framework of the State Mission of the Institute of High Temperatures RAS AAAA-A19-119020690085-9.

УДК 911.3:338.45:620.91(100)

## Динамика мирового энергопотребления в XX – XXI вв. и прогноз до 2100 года

К.С. Дегтярев<sup>[0000-0002-1738-6320]</sup>

Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: kir1111@rambler.ru

**Аннотация.** В работе проведён анализ имеющихся официальных и корпоративных данных по энергопотреблению, ВВП и численности населения в мире и отдельных ключевых регионах. На основе данного анализа сделаны выводы о ключевых тенденциях роста и изменения структуры энергопотребления в XX – начале XXI века и вероятных сценариях до конца XXI века для мира в целом и отдельных ключевых регионов. Выявлено замедление роста энергопотребления в мире в целом и большей части отдельных регионов, как в абсолютном, так и душевом измерении, идущее в общем контексте замедления темпов роста населения и ВВП, и составлен прогноз энергопотребления на основе допущения о продолжении данной тенденции. То же сделано относительно структуры производства и потребления энергии.

**Ключевые слова:** потребление энергии, электроэнергетика, возобновляемые источники энергии, структура энергопотребления, регионы мира, население мира, мировой ВВП, мировые тренды, прогноз на XXI век

### 1 Введение. Постановка задачи, информационная база и методика

Рост мирового производства и потребления энергии, с одной стороны, является ключевым индикатором экономического развития, с другой – основанием для опасений, связанных с увеличением нагрузки на окружающую среду, риском дефицита энергетических ресурсов и природно-техногенных катастроф. Актуальность исследований и прогнозов относительно положения дел в данном секторе экономики очевидна. Вопросы развития энергетики в современном мире являются в высокой степени политизированными и являются областью жёстких дискуссий и столкновения зачастую полярных оценок. При этом, во многих случаях, стороны не используют количественные данные о фактическом положении дел, либо используют их избирательно, представляя его в виде, предпочтительном для обоснования своей позиции.

Таким образом, актуальным становится анализ реального положения дел и тенденций в мировой энергетике, основанный на максимально полной информации по миру в целом и отдельным регионам в пространственно-временном разрезе, и выстраивания реалистичных прогнозов на его основе.

Данное исследование посвящено решению этой задачи, на первом этапе – оценить объёмы и динамику энергопотребления в мире и крупнейших регионах, выявить ключевые тенденции и их изменение и, на основе этого, обозначить возможные сценарии роста энергопотребления в мире до 2050-2100 гг.

Информационной основой для исследования является статистическая информация ведущих мировых агентств и корпораций (ООН, Международное энергетическое агентство, Всемирный банк, British Petroleum) по энергопотреблению, численности населения, экономическому развитию.

Прогнозирование энергопотребления проведено на основе выявления ключевых трендов роста и их изменений в XX – начале XXI века с дифференциацией по крупнейшим регионам, различающимся уровнем и тенденциями развития. С этой целью проведены сопоставления рядов статистических данных и расчёты ряда производных показателей.

Ограничение такого подхода, по сути, являющегося разновидностью технического анализа тренда, заключается в том, что он не может учесть ряд вероятных событий, связанных с политической дестабилизацией, экономическими кризисами, наконец, природными или природно-техногенными катаклизмами и другими форс-мажорными обстоятельствами. С другой стороны, исходя из того, что любой процесс является равнодействующей всего множества влияющих на него факторов и ожиданий, которые уже заложены в тренд, анализ собственно тренда представляется продуктивным и способным дать результаты, пригодные для использования.

Ограничение другого рода связано с тем, что интерпретация трендов также может быть различной. В выборе исходных допущений, анализе и прогнозе всегда присутствует элемент субъективности и интуиции исследователя. В этой связи целесообразно представить несколько сценариев на базе различных допущений, дающих на выходе некоторый диапазон значений, что и сделано в данной работе.

Кроме того, актуальным вопросом является структура производства и потребления энергии по её источникам, в частности – объём и доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в общем энергобалансе и перспективы развития энергетике на их основе. Данный аспект также освещается в проведённом исследовании.

## 2 Динамика потребления энергии в мире в XX – начале XXI вв.

Мировое потребление первичной энергии до XX века росло невысокими темпами. К 1800 году оно составляло около 5 700 ТВтч, а к 1900 году выросло примерно вдвое, до 12 000 ТВтч в год [1], что соответствует среднегодовым темпам роста 0,6%-0,7%. В XX веке происходит ускорение роста энергопотребления. К 1950 году оно выросло до 28 000 ТВтч. В 1965 году, по данным ВР [2], оно составляло 3,7 млрд. тонн нефтяного эквивалента, или 43 000 ТВтч, к 2000 году выросло до 108 000 ТВтч, а к 2018 году - до величины более 160 000 ТВтч.

Рост производства и потребления энергии в мире обнаруживает связь с ростом населения. До XIX – начала XX века оно также росло сравнительно медленно. В начале XIX века оно составляло около 1 000 млн. человек[3], к началу XX века выросло до 1 600 млн. В 1950 году, по данным ООН [4], оно составило 2 536 млрд., к 2000 году – 6 143 млн., к 2018 году – 7 631 млн.

Таким образом, мировое потребление энергии за XIX-XX вв. выросло примерно в 19 раз, население – в 6,1 раз, годовое душевое потребление энергии – в 3,1 раза, с 5700 до 17700 кВтч. Для периода 1800-2000 гг., особенно с 1920-х по 1960-е, очевидна тенденция к экспоненциальному росту - как численности населения, так и энергопотребления – не только в абсолютных, но и в душевых величинах.

Однако дополнение приведённых выше данных информацией по годам с 1965 по 2018 указывает на изменение тренда, начиная с 1970-х. За этот период также выросли все показатели. В то же время, рост потребления энергии в 1966-2018 гг. представляет собою не экспоненциальную, как в первой половине XX века, а линейную функцию. Фиксируется снижение темпов роста всех показателей. На основе данных по численности населения [4], первичному энергопотреблению [2] и ВВП [5] нами проведён расчёт темпов их роста, динамики абсолютных и душевых показателей (рис.1).

Одновременное снижение скорости роста и душевого потребления энергии, и населения, выглядит парадоксально. Однако, это устойчивая тенденция, наблюдаемая с 1970-х.

Также в данный период с интервалом 5-10 лет (1974-75, 1980-83, 1990-94, 1997-98, 2001, 2009, 2014-15) наблюдается и абсолютное падение потребления энергии и ВВП, что согласуется с теорией циклических кризисов в экономике. Однако, общая тенденция к замедлению роста на протяжении уже более 50 лет не может быть объяснена не только ею, но и теорией длинных 50-60-летних волн в экономике («циклы Кондратьева – Ван Гельдерена»). События 1970-х («нефтяной шок») стали первыми в данном ряду и открывшими данную тенденцию, а во время кризиса 2008-2009 гг. спад энергопотребления был даже глубже.

Вероятно, наблюдаемую тенденцию тотального замедления мирового роста, включающего и население, и показатели экономики и энергетики, как абсолютные, так и душевые, следует связывать с комплексом причин, в том числе, лежа-

щих во внеэкономической плоскости. Возможна гипотеза о связи снижения темпов роста энергопотребления с глобальным потеплением, что потребовало бы отдельных обоснований, но замедление роста населения и экономики в целом, вероятно, требует других объяснений.

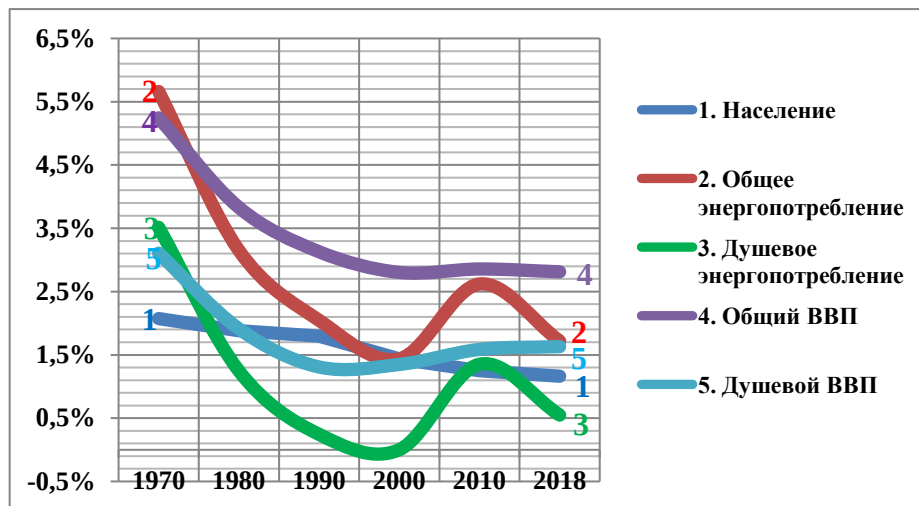


Рис. 1. Динамика темпов роста мирового населения, общего и душевого потребления энергии и ВВП в 1966-2018 гг.

### 3 Прогноз мирового энергопотребления до 2100 года

Линейная экстраполяция затухания роста с 1960-х указывает на его возможное прекращение:

- для населения (среднее снижение темпов роста на 0,018% в год) – к 2080 году на отметке 10 800 млн.;
- для суммарного мирового энергопотребления (среднее снижение темпов роста на 0,05% в год при линейной аппроксимации) – к 2040 году на отметке 186 000 ТВтч, что несущественно превышает текущий уровень.

Однако, сохранение средних для 2011-2018 гг. темпов роста населения (1,1%) и потребления энергии (1,7%) приведёт к росту к 2100 году:

- населения – до 18 800 млн.;
- энергии – до 450 000 ТВтч, что почти в 3 раза выше нынешнего уровня.

В свою очередь, средний прогноз ООН [4] по численности населения предполагает к 2100 году прекращение роста населения на уровне 10 900 млн. Максимальный прогноз предполагает рост до 15 600 млн. И то, и другое почти совпадает с приведёнными выше экстраполяциями. Минимальный прогноз ООН по населению – сокращение до 7 200 млн.; рост до 8 900 млн. к 2050-м с последующей остановкой роста и депопуляцией. Отталкиваясь от данных вариантов, также

можно делать прогнозы по энергопотреблению в будущем. При минимальном сценарии энергопотребление будет, напротив, сокращаться.

В то же время, представляется недостаточно обоснованным прогнозировать потребление энергии, исходя исключительно из общемировой динамики. В настоящее время ряд регионов мира резко различается как уровнем, так и темпами роста населения и развития, включая уровень энергопотребления.

Замедление роста в последние десятилетия связано с группой наиболее развитых стран и компенсируется сохраняющимся быстрым ростом в других регионах.

Текущее снижение роста душевого потребления и ВВП может быть связано с более высокими темпами роста населения в странах с наименьшим уровнем потребления энергии, и дальнейшие мировые перспективы будут зависеть, прежде всего, от недостаточно определённой на данный момент траектории развития наиболее бедных стран, доля которых в мировом населении и экономике растёт и будет увеличиваться далее. В настоящее время это главный фактор неопределённости, затрудняющий прогнозы роста, как населения, так потребления энергии.

На основе вышеупомянутых данных нами проведены расчёты населения и энергопотребления (табл.1) для крупнейших регионов, в значительной степени соответствующих традиционному делению на Центр, Полупериферию и Периферию.

В нашем случае в Центр, наряду с Западной Европой, Северной Америкой, Японией, Южной Кореей, Сингапуром, Австралией и Новой Зеландией, включены Россия и другие страны бывшего СССР.

Отдельно обозначены Китай и Индия как две крупнейшие мировые развивающиеся экономики. Субсахарская Африка (без ЮАР) выделена как особая территория глубокой Периферии со своей спецификой развития. Остальной мир (другие страны) включает прочие территории (Латинская Америка, страны Северной Африки, другие страны Юго-Западной, Юго-Восточной Азии и Океании), относимые к Полупериферии и Периферии.

**Таблица 1.** Показатели населения и энергопотребления основных регионов мира

| Показатель                               | Центр  | Китай  | Индия | Африка | Другие страны | Весь мир       |
|------------------------------------------|--------|--------|-------|--------|---------------|----------------|
| Население, млн. (2018)                   | 1 413  | 1 428  | 1 353 | 1 008  | 2 457         | <b>7 631</b>   |
| Потребление энергии, ТВтч (2018)         | 71 885 | 38 070 | 9 410 | 1 655  | 40 228        | <b>161 249</b> |
| Душевое потребление энергии, кВтч (2018) | 50 858 | 26 667 | 6 957 | 1 687  | 16 376        | <b>21 130</b>  |
| Средние годовые темпы роста населения    |        |        |       |        |               |                |
| 1966-1975                                | 0,9%   | 2,5%   | 2,2%  | 2,6%   | 2,6%          | <b>2,0%</b>    |
| 1966-2020                                | 0,6%   | 1,3%   | 1,9%  | 2,8%   | 2,0%          | <b>1,6%</b>    |

| Показатель                                    | Центр | Китай | Индия | Африка | Другие страны | Весь мир    |
|-----------------------------------------------|-------|-------|-------|--------|---------------|-------------|
| 2011-2020                                     | 0,4%  | 0,5%  | 1,1%  | 2,8%   | 1,4%          | <b>1,1%</b> |
| Средние годовые темпы роста энергопотребления |       |       |       |        |               |             |
| 1966-1975                                     | 3,8%  | 9,6%  | 4,6%  | 5,9%   | 6,9%          | <b>4,5%</b> |
| 1966-2018                                     | 1,4%  | 6,4%  | 5,3%  | 4,1%   | 4,0%          | <b>2,5%</b> |
| 2009-2018                                     | 2,4%  | 3,9%  | 5,4%  | 4,8%   | 1,9%          | <b>1,7%</b> |

Далее, для экстраполяции по мировому энергопотреблению возможны следующие подходы:

на основе данных о динамике общего потребления;

на основе данных о динамике душевого потребления в сочетании с прогнозом численности населения.

Нам представляется более обоснованным второй подход, исходя из очевидной корреляции между динамикой роста численности населения и общего энергопотребления, как по миру в целом, так и по отдельным регионам и, при этом, кардинально различающимся для данных регионов прогнозом численности населения. Нами сгруппированы прогнозы роста численности населения по данным регионам на основе среднего прогноза ООН, а также рассчитаны средние годовые темпы роста душевого энергопотребления (табл. 2) по регионам.

**Таблица 2.** Прогнозы численности населения основных регионов мира и динамика душевого энергопотребления

| Показатель                                             | Центр | Китай | Индия | Африка | Другие страны | Весь мир      |
|--------------------------------------------------------|-------|-------|-------|--------|---------------|---------------|
| Население, млн.                                        |       |       |       |        |               |               |
| 2020                                                   | 1 422 | 1 439 | 1 380 | 1 035  | 2 519         | <b>7 795</b>  |
| 2050, прогноз                                          | 1 451 | 1 402 | 1 639 | 2 042  | 3 200         | <b>9 735</b>  |
| 2100, прогноз                                          | 1 408 | 1 065 | 1 447 | 3 696  | 3 259         | <b>10 875</b> |
| Средние годовые темпы роста душевого энергопотребления |       |       |       |        |               |               |
| 1966-1975                                              | 2,9%  | 7,0%  | 2,3%  | 3,2%   | 4,2%          | <b>3,3%</b>   |
| 1966-2018                                              | 0,8%  | 5,1%  | 3,4%  | 1,2%   | 2,0%          | <b>1,7%</b>   |
| 2009-2018                                              | -0,2% | 3,4%  | 4,2%  | 1,9%   | 0,5%          | <b>1,1%</b>   |

Далее нами проведена экстраполяция трендов душевого энергопотребления по регионам до 2100 года на основе линейной аппроксимации с определёнными поправками, связанной со спецификой региона.

Для стран Центра нами принято допущение о сохранении падения душевого энергопотребления на 0,2% в год до 2100 года.

Для Китая нами принято допущение о повторении им траектории снижения темпов душевого энергопотребления, характерной для стран Центра и заложено



равномерное снижение текущих темпов роста в 3,4% до -0,2% за 30 лет (к 2050 году) с последующим сохранением уровня -0,2% до 2100 года.

В случае с Индией ситуация сложнее, поскольку она демонстрирует повышение темпов роста душевого энергопотребления. В то же время, длительное сохранение данного тренда представляется маловероятным. В отношении Индии нами также сделано допущение о повторении ею с некоторым лагом траекторий Центра и Китая, предполагающее равномерное снижение с текущих 4,2% до -0,2% в течение 50 лет (к 2070 году) с сохранением этого уровня далее.

В отношении категории «Другие страны» тенденция к снижению темпов роста отчётлива. В то же время, данная группа разнородна с разнонаправленными тенденциями внутри. Для этой группы нами принято допущение о равномерном снижении темпов роста с текущих 0,5% до 0,0% к 2100 году.

Наиболее неопределённая ситуация с Субсахарской Африкой. Данный регион обнаруживает слабую тенденцию к снижению темпов роста энергопотребления. В то же время, это регион мира с наиболее высоким текущим приростом населения и единственный регион мира, где пока не наблюдается заметной тенденции к его снижению. Согласно среднему прогнозу ООН, к 2050 году из 2000 млн. прироста мирового населения около 1000 млн. придётся на Субсахарскую Африку (табл.2), а к 2100 году – почти 2700 млн. из 3000 млн. общего роста. Численность населения Субсахарской Африки к 2100 году вырастет более, чем в 3,5 раза – до 3700 млн., а её доля в мировом населении составит 34% (в настоящее время – 13%). При этом, население региона уже увеличилось с 1950 года со 179 млн. – почти в 6 раз.

Это самый бедный регион мира с наименьшим уровнем душевого потребления энергии – в 12 раз ниже среднего земного показателя и в 4 раза ниже, чем в Индии (табл. 1). Исходя из общих соображений, это означает наличие огромного резерва роста – существенно выше, чем в других регионах Земли, и перспективу кардинального увеличения доли в мировом энергопотреблении и данного показателя в целом.

В то же время, Африка южнее Сахары в настоящее время переживает высокую политическую нестабильность с перманентными военными конфликтами, острейшие медицинские, водные, продовольственные проблемы. Это, особенно в сочетании с сохраняющимся взрывным ростом населения, не обеспеченного ресурсами для жизни, создаёт крайне высокую неопределённость, делающую практически невозможным прогноз на длительную перспективу. В связи с этим, большой долей условности отличается и средний прогноз ООН по населению Африки до 2100 года.

Тем не менее, исходя из необходимости принимать те или иные допущения, в отношении Субсахарской Африки мы базируемся на среднем прогнозе ООН по её населению и предположении о сохранении среднегодового роста душевого потребления в 1,9% - среднего для периода 2009-2018 гг. (табл. 2).

При данных допущениях мировое потребление энергии (рис.2, табл. 3) вырастет до 225 000 ТВтч к 2050 году и 230 000 ТВтч к 2100 году. При этом, рост энергопотребления прекратится к 2060-м годам.

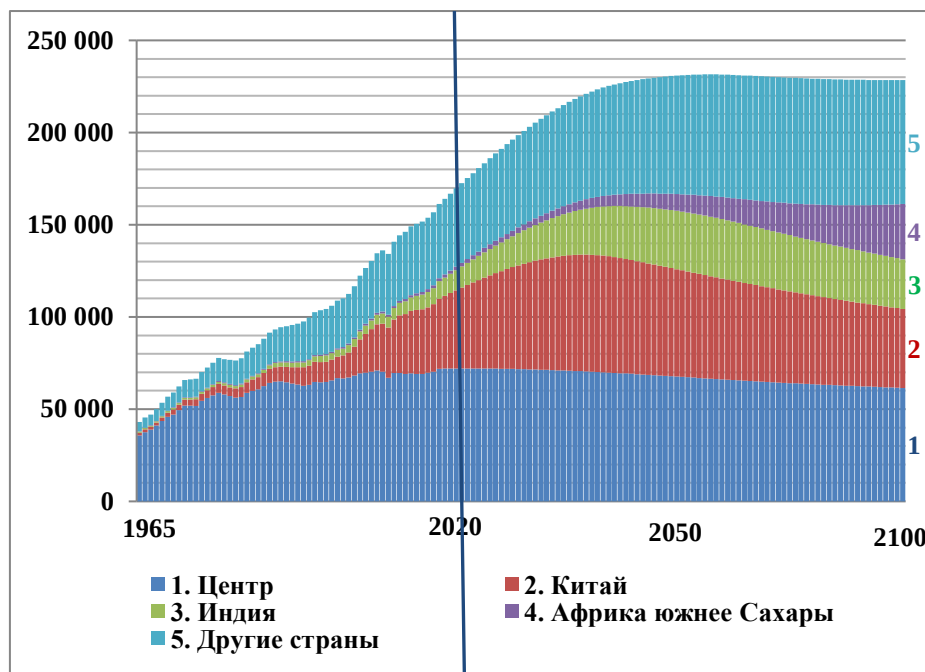


Рис. 2. Динамика и прогноз энергопотребления (ТВтч) по регионам мира, 1965-2100 гг.

На столь длительных временных интервалах при заведомо высокой степени неопределённости прогноз не может быть точным, и корректнее было бы говорить о росте энергопотребления до **200 000 – 250 000 ТВтч** к 2050-2100 гг.

Таблица 3. Прогноз душевого и валового энергопотребления по регионам мира

| Показатель                        | Центр  | Китай  | Индия  | Африка | Другие страны | Весь мир       |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------------|----------------|
| Население, млн.                   |        |        |        |        |               |                |
| 2020                              | 1 422  | 1 439  | 1 380  | 1 035  | 2 519         | <b>7 795</b>   |
| 2050                              | 1 451  | 1 402  | 1 639  | 2 042  | 3 200         | <b>9 735</b>   |
| 2100                              | 1 408  | 1 065  | 1 447  | 3 696  | 3 259         | <b>10 875</b>  |
| Душевое потребление энергии, кВтч |        |        |        |        |               |                |
| 2020                              | 50 670 | 28 468 | 7 543  | 1 753  | 16 650        | <b>21 415</b>  |
| 2050                              | 47 930 | 44 563 | 17 176 | 3 116  | 18 823        | <b>23 297</b>  |
| 2100                              | 43 689 | 40 284 | 18 538 | 8 124  | 20 626        | <b>21 011</b>  |
| Общее потребление энергии, ТВтч   |        |        |        |        |               |                |
| 2020                              | 72 045 | 40 975 | 10 410 | 1 815  | 41 681        | <b>166 926</b> |
| 2050                              | 69 537 | 62 495 | 28 154 | 6 363  | 60 243        | <b>226 792</b> |
| 2100                              | 61 525 | 42 902 | 26 824 | 30 027 | 67 223        | <b>228 501</b> |

Таким образом, оценки, сделанные дифференцированно по регионам, несколько выше полученных при линейной экстраполяции общемировых тенденций.

#### **4 Динамика структуры мирового потребления энергии**

Вопрос динамики и прогноза структуры потребления энергии требует особого рассмотрения в дальнейшем. Здесь кратко отметим, что тренды XX – начала XXI века демонстрируют, скорее, сохранение углеводородной доминанты с перераспределением между углём, нефтью и газом в пользу газа и, в меньшей степени, угля, а не кардинального изменения структуры. По данным IEA [6], с 1973 по 2016 год мировое потребление первичных энергоресурсов выросло с 6 100 до 13 761 тонн в нефтяном эквиваленте, или с 70 900 до 160 000 ТВтч.

При этом, совокупная доля угля, нефти и газа снизилась с 86,7% до 81,1%. Доля нефти снизилась с 46,2% до 31,9%, доля угля выросла с 24,5% до 27,1%, доля газа – с 16,0% до 22,1%.

Основная часть сокращения доли ископаемых углеводородов произошла за счёт развития атомной энергетики, чья доля выросла с 0,9% до 4,9%.

Несколько неожиданной выглядит ситуация с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Доля гидроэнергии выросла с 1,8% до 2,5%, биотоплива и отходов сократилась с 10,5% до 9,8%, других ВИЭ (включая солнечную, ветровую, геотермальную энергию) выросла с 0,1% до 1,7%. В совокупности доля ВИЭ в мировом энергобалансе с 1973 по 2016 год выросла с 12,4% до 14,0%. В то же время, в контексте более, чем двукратного абсолютного роста энергопотребления более, чем вдвое выросло и валовое производство энергии за счёт ВИЭ, однако, то же верно и для других видов топлива.

Несколько иная ситуация в отдельно взятой электроэнергетике. В целом, исходя из данных ВР [2], в 1985-2018 гг., при росте первичного энергопотребления с 83 000 до более 160 000 ТВтч в год, производство электроэнергии выросло с 9 900 ТВтч до 26 600 ТВтч (рис. 3). Доля электроэнергии в общем энергобалансе выросла с 12% до 17%. Неуглеродные энергоносители – атомная энергетика и основная часть возобновляемой: гидроэнергетика, ветровая и солнечная энергетика, ориентированы, главным образом, на производство электроэнергии. Вследствие этого, их доля в электроэнергетике выше, хотя с 1985 год по 2018 год она даже несколько снизилась – с 35,9% до 35,2%.

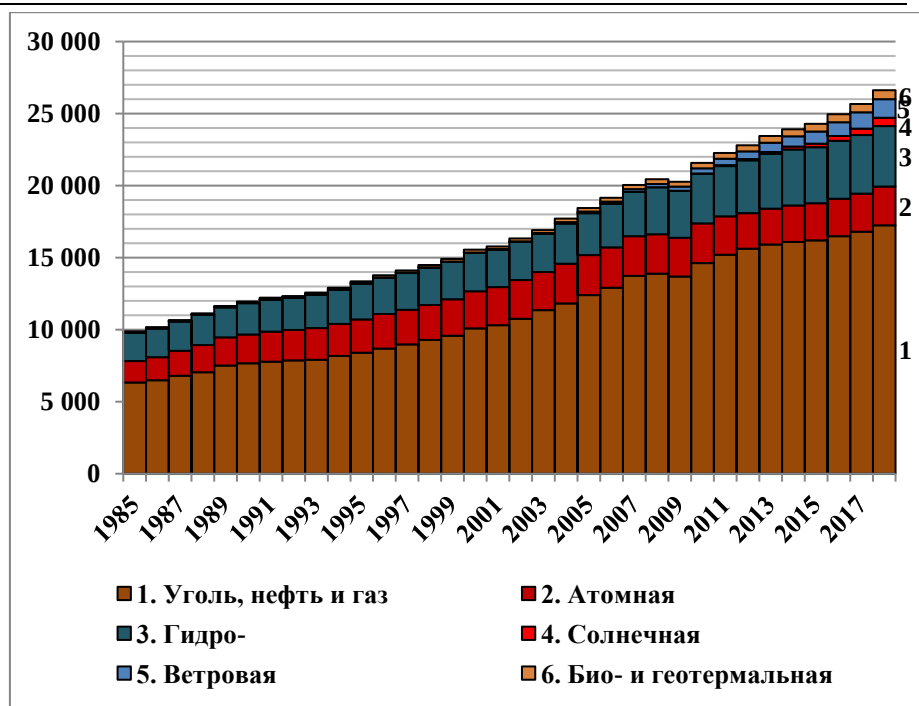
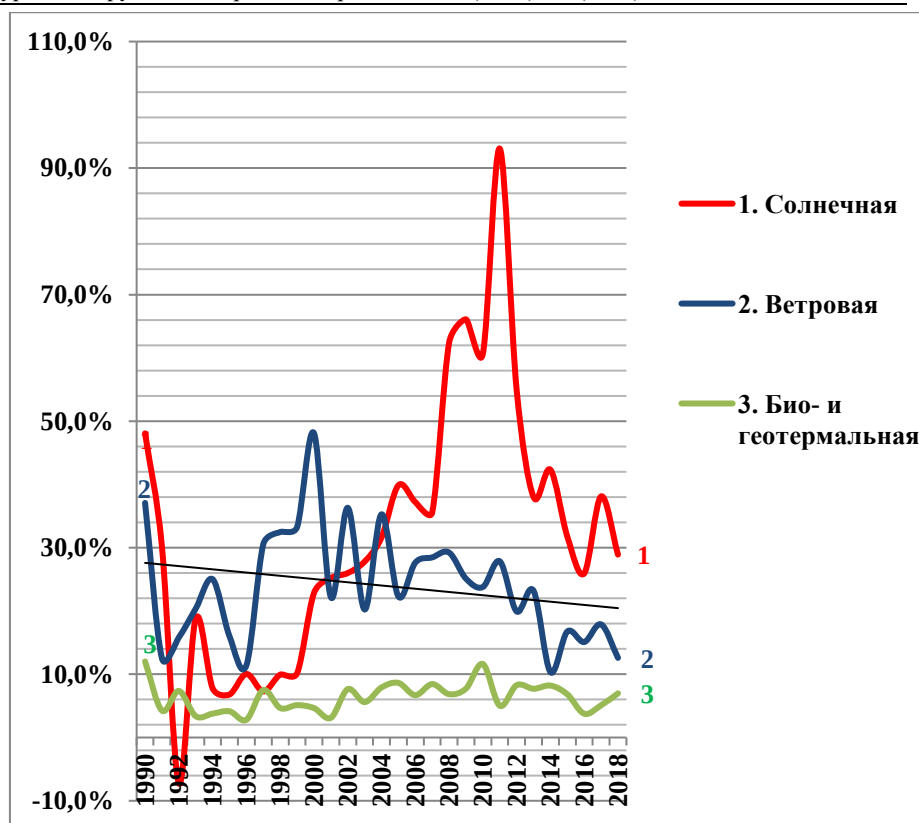


Рис. 3. Динамика мирового производства электроэнергии, ТВтч, в 1985-2018 гг. по источникам энергии

По отдельности, доля атомной энергетики упала с 15,1% до 10,2%, гидроэнергетики – с 20,0% до 15,8%. Это было компенсировано ростом доли других ВИЭ: солнечной – с 0,0% до 2,2%, ветровой – с 0,0% до 4,8%, био- и геотермальной – с 0,8% до 2,4%. Соответственно, доля всех ВИЭ в электроэнергетике с 1985 по 2018 год выросла с 20,8% до 25,1%, без учёта гидроэнергетики – с 0,8% до 9,3%.

В то же время, в общем контексте замедления роста энергетики снижаются и темпы увеличения производства ветровой и солнечной энергии (рис.4). Для ветроэнергетики это наблюдается с начала 2000-х гг. – годовые темпы роста упали с 40%-50% до 10%-15%; для солнечной – с начала 2010-х – падение с величин 60%-80% до 30%-40%.

Это, так же, как и в случае с энергопотреблением в целом, происходит, большей частью, за счёт группы наиболее развитых стран (США и страны ЕС), где темпы роста снизились до 10%, за исключением солнечной энергетики в США, где сохраняется рост в 30% (рис.5).



**Рис. 4.** Темпы роста (в % к предыдущему году) производства электроэнергии по видам возобновляемых источников в 1990-2018 гг.

Замедление роста ветровой и солнечной энергетики в Европе и США компенсируется его продолжением либо ускорением в других регионах, в настоящий момент, в наибольшей степени, в Китае.

К 2018 году суммарная доля солнечной и ветровой энергетики в производстве электроэнергии в США составила 8,4%, в странах ЕС – 14,2%. Замедление темпов роста может свидетельствовать о приближении к его пределам на уровнях доли в 15%-20%, чему способствует и прекращение роста энергопотребления в целом в данных регионах.

Таким образом, долгосрочные перспективы роста солнечной и ветровой энергетики, как и ВИЭ, и неуглеродной энергетики в целом, зависят, в первую очередь, от траектории развития других регионов, отличающихся более высоким резервом роста энергетики, а также, более высоким природным потенциалом в силу относительно низкоширотного положения. Детальное рассмотрение потенциала ВИЭ в контексте географической зональности является предметом отдельного исследования.

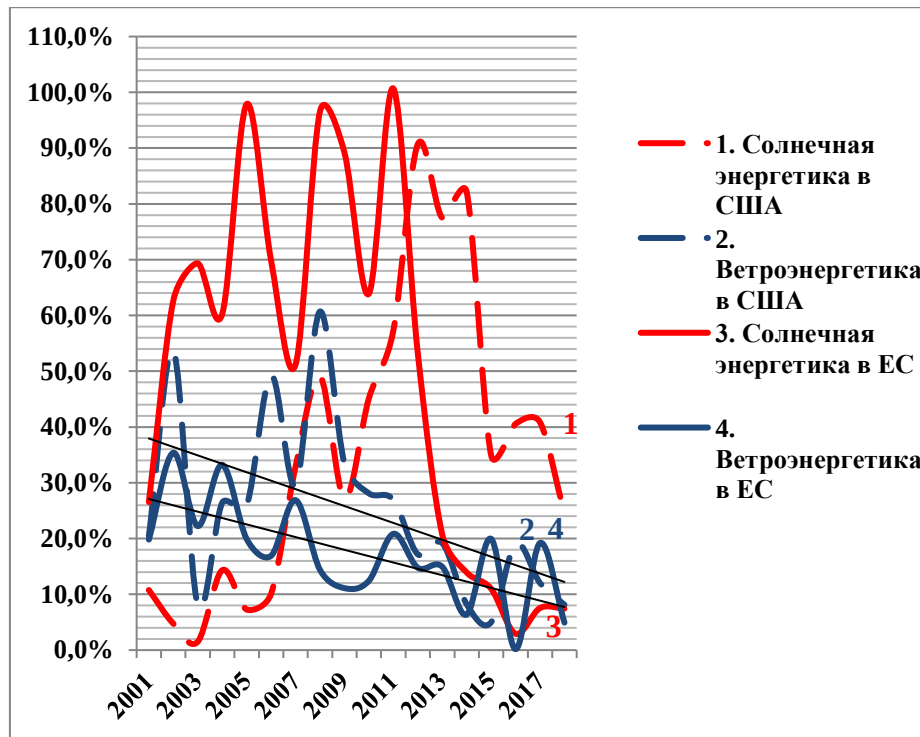


Рис. 5. Темпы роста (в % к предыдущему году) производства солнечной и ветровой электроэнергии в 2001-2018 гг. в США и странах ЕС

## 5 Выводы

В мире идёт смена тренда развития энергетики, проявляющаяся в замедлении темпов роста производства и потребления первичных энергоресурсов и электроэнергии в общем контексте снижения темпов роста мирового населения и ВВП. Средние годовая скорости энергопотребления в мире в целом снизились с 4%-7% в 1960-е до 0%-3% в 2000-е и 2010-е.

В наибольшей степени эта тенденция выражена в странах, относящихся к Центру (Северная Америка, Европа, Япония, а также государства бывшего СССР), где душевой рост энергопотребления в 2010-е годы снизился до отрицательных величин. С некоторым лагом той же тенденции следует Китай и большая часть других развивающихся экономик. Наименее определённая ситуация в странах Периферии, включая Африку южнее Сахары, ряд стран Южной и Юго-Восточной Азии. От её развития в данных регионах мировое энергопотребление в XXI веке будет зависеть в наибольшей степени.

В настоящее время мировое потребление первичных энергоресурсов составляет около 160 тыс. ТВтч в год. В зависимости от выбора исходных допущений

о дальнейших темпах роста мировой энергетики прогнозируемый общий уровень энергопотребления к 2100 году может варьироваться в широких пределах от 180-200 тыс. ТВтч до 400-500 ТВтч в год. Более того, возможно и его абсолютное снижение. Наиболее вероятным представляется сценарий роста к 2050-2080 гг. до 200-250 тыс. ТВтч с его прекращением в дальнейшем.

При более, чем двукратном росте (с 70 000 до 160 000 ТВтч), структура мирового энергопотребления в 1970-е – 2010-е гг. не претерпела кардинальных изменений. В частности, в общем энергобалансе с 1973 по 2016 год доля ископаемых углеводородов снизилась с 87% до 81%, а возобновляемых источников энергии (включая гидроэнергию) выросла с 12% до 14%.

В электроэнергетике с 1985 по 2018 год на фоне почти трёхкратного (с 9 000 до 26 000 ТВтч в год) доля неуглеводородных источников даже несколько снизилась - с 36% до 35%. При этом, совокупная доля ветровой и солнечной энергии выросла с 0% до 9%, что компенсировало уменьшение доли атомной и гидроэнергии. При этом, с 12% до 17% выросла доля электроэнергии в общем энергобалансе.

В то же время, в общем контексте тотального замедления роста в 2000-е – 2010-е гг. фиксируется и падение темпов роста ветровой и солнечной энергетики, также наиболее сильное – в Европе и США, что отчасти компенсируется ростом в других регионах. Относительно США и стран ЕС можно предполагать достижение в ближайшее время пределов роста ветровой и солнечной энергетики на уровне 15%-20% от общего производства электроэнергии. Дальнейшие перспективы ветровой и солнечной энергетики также в максимальной степени зависят от траектории развития стран Периферии.

## Литература

1. Hannah Ritchie and Max Roser (2020) - "Energy". Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: 'https://ourworldindata.org/energy' [Online Resource] дата обращения – 27.01.2020.
2. BP Statistical Review of World Energy // [Online Resource] URL: https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html, дата обращения – 27.01.2020.
3. World Population by Year // [Online Resource] URL: https://www.worldometers.info/world-population/world-population-by-year/, дата обращения – 27.01.2020.
4. World Population Prospects // UN. Department of Economic and Social Affairs: // [Online Resource] URL: https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/, дата обращения – 27.01.2020.
5. The World Bank. Indicators // [Online Resource] URL: https://data.worldbank.org/indicator, дата обращения – 27.01.2020.
6. International Energy Agency. Data and statistics // [Online Resource] URL: https://www.iea.org/data-and-statistics, дата обращения – 27.01.2020.

## References

1. Hannah Ritchie and Max Roser (2020) - "Energy". Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: 'https://ourworldindata.org/energy' [Online Resource] reference date – 27.01.2020.
2. BP Statistical Review of World Energy // [Online Resource] URL: https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html, reference date – 27.01.2020.
3. World Population by Year // [Online Resource] URL: https://www.worldometers.info/world-population/world-population-by-year/, reference date – 27.01.2020.
4. World Population Prospects // UN. Department of Economic and Social Affairs: // [Online Resource] URL: https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/, reference date – 27.01.2020.
5. The World Bank. Indicators // [Online Resource] URL: https://data.worldbank.org/indicator, reference date – 27.01.2020.
6. International Energy Agency. Data and statistics [Online Resource] URL: https://www.iea.org/data-and-statistics, reference date – 27.01.2020.

## Trends of World Energy Supply in XX –XXI Centuries and Outlook 2100

K.S. Degtyarev

Lomonosov Moscow State University, Geographical department, Moscow, Russia

E-mail: kir1111@rambler.ru

**Abstract.** The work analyses the available official and corporate data on energy supply, GDP, and population, both in the world as a whole and in the separate key regions. On the base of these data the research makes some conclusions on the key trends of growth and structure changes for energy supply in XX – beginning of XXI century and probable scenarios up to the end of XXI century on the world and regional levels. The analysis discovers slowing down the growth of energy supply in the whole world and the most of its regions, both absolutely and per capita, that goes on in general context of slowing down the growth of population and GDP. The article resents also a forecast for global and regional energy supply according to the assumption that this trend goes on. The same is made to the structure of energy production and consumption.

**Key words:** energy supply, electricity production, renewable energy sources, energy supply structure, regions of the world, world population, world GDP, world trends, XXI century energy outlook.



УДК 338.1

## Взаимосвязь между моделью циклической экономики и национальными проектами

К.В. Папенков<sup>1</sup> [0000-0001-8242-2124], С.М. Никоноров<sup>2</sup> [0000-0002-8205-2140]

Экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: <sup>1</sup>PapenovKV@econ.msu.ru, <sup>2</sup>Nico.73@mail.ru

**Аннотация.** В статье показана взаимосвязь между Национальными Проектами России до 2024 года и такой моделью экономики, как «Циклическая экономика». Обозначена идеологическая направленность и финансовое обеспечение национальных проектов. Модель «Циклической экономики» также рассмотрена с методологических и концептуально-теоретических позиций.

**Ключевые слова:** циклическая экономика, национальные проекты, человек, окружающая среда, производство

В конце XX столетия и начале XXI века темпы развития экономики России оставляют желать лучшего, недотягивают до среднемирового уровня почти в два раза. Нестабильно качество жизни многих граждан России. В конце второго десятилетия двадцать первого столетия к категории бедных граждан России относится каждый седьмой житель страны. Вызывает озабоченность и качество окружающей природной среды во многих регионах России. По некоторым данным, ежегодно от неблагоприятной окружающей природной среды умирает несколько сотен тысяч человек.

В связи с неблагоприятной социально-эколого-экономической ситуацией в стране власть предпринимает вот уже почти четверть века попытки её улучшения. В частности, одной из последних попыток является принятие в декабре 2018 года 13 национальных проектов на основе майского указа Президента «О национальных целях и стратегических задачах Российской Федерации на период до 2024 года» (табл. 1).

В рамках национальных проектов предполагается совершить пять видов революций (популяционную, экономическую, экологическую, информационную и образовательную) с целью повышения качества жизни граждан страны, на базе устойчивого развития всей системы: «Природа – Человек – Производство».

В работе сделана попытка раскрыть возможности экономики для достижения поставленных задач и некоторые сдерживающие факторы в процессе реализации поставленных целей в национальных проектах.

Толчком к пониманию циклической экономики является необходимость максимального использования отходов от материального потока, поступающего из Природы в Производство для получения товаров, удовлетворяющих потребности Человека. К сожалению, величина отходов от материального потока нередко достигает порядка 99,9% от количества добываемого сырья и более 30 – 50 % от потребляемой конечной продукции. так что, связанные с ними негативные последствия огромны (свалки, загрязнение океана, образование парниковых газов и др.).

Модель «Циклическая экономика» в широком смысле этого слова – это Производство в понимании естественного воспроизводства, в котором все материальные потоки и условия, участвующие в создании товаров и услуг для Человека, либо конечно используются им, либо соответствующим образом утилизируются Производством, либо ассимилируются Природой в случае их захоронения (рис. 1).

Модель «Циклической экономики» часто называют экономикой будущего, так как она позволяет не только решить проблему отходов, но и сохранить невозобновляемые природные ресурсы.



Рис. 1. Модель циклической экономики

Рассматривая модель «Циклической экономики», как систему, то можно выделить ряд блоков, увязанных с 12-ю национальными проектами:

1-й блок – «Природа»:

1. Создание комфортной среды для проживания. Объем финансирования – 9,9 трлн. руб. (38,5%).

## Состав 1.1:

- 1.1.1. Безопасные и качественные автомобильные дороги;
- 1.1.2 Жилье и городская среда;
- 1.1.3 Экология;

## Природные факторы, 1.2:

- 1.2.1 Климат (метеорология);
- 1.2.2 Формы рельефа (география);
- 1.2.3 Почва, вода, воздух (почвоведение, гидрология);
- 1.2.4 Животные, растения, человек (биология, химия).

## Показатели 1.3:

- 1.3.1. Земли с высокой технической нагрузкой;
- 1.3.2 Земли, подверженные эрозии;
- 1.3.3 Земли кислые, заболоченные, заустаренные.

## 2-й блок – «Человек»:

2. Развитие человеческого капитала. Объем финансирования – 5,7 трлн. руб. (22,2%).

## Состав 2.1:

- 2.1.1 Демография;
- 2.1.2 Здравоохранение;
- 2.1.3 Образование;
- 2.1.4 Наука;
- 2.1.5 Культура.

## Социальные факторы 2.2:

- 2.2.1 Миграция населения, трудомобильность, трудоспособность, правопорядок, культурный рост, численность и половозрастная структура населения;
- 2.2.2 Формы собственности
- 2.2.3 Система здравоохранения, образования, пенсионного обеспечения;
- 2.2.4 Спорт, туризм

## Социальные показатели 2.3

- 2.3.1 Соотношение оплаты труда в сельском хозяйстве и заработной платы в промышленности;
- 2.3.2 Соотношение оплаты труда в сельском хозяйстве и заработной платы в целом;
- 2.3.3 Уровень миграции населения и др.

## 3-й блок – «Производство»:

3. Запуск экономического роста. Объем финансирования – 10,1 трлн. руб. (39,9 %).

## Состав 3.1:

- 3.1.1 Производительность труда и поддержка занятости населения;
- 3.1.3 Цифровая экономика;
- 3.1.4 Международная кооперация и экспорт.

## Факторы производства 3.2

- 3.2.1 Физический капитал (инвестиции);
- 3.2.2 Рабочая сила (трудовые ресурсы);
- 3.2.3 Предметы труда;

3.2.4 Предпринимательская деятельность;

3.2.5 Конкурентные преимущества региона, бизнес активность, система менеджмента, ценовая политика, состояние конъюнктуры рынка, доходы населения.

Показатели устойчивости развития 3.3

3.3.1 Темпы роста продукции;

3.3.2 Производство продукции на душу населения;

3.3.3 Уровень обеспеченности производства;

3.3.4 Показатели инновационной активности;

3.3.5 Финансовое состояние и информационное обеспечение.

В целом при рассмотрении социально-эколого-экономических проблем основное внимание традиционно обращают на исследования экономических систем (компонент) и процессов в них происходящих, а также на их последствия для человеческой цивилизации.

Однако для сбалансированности в развитии системы «Природа – Человек – Производство» необходимо исследовать направленность и характер взаимодействия между всеми тремя компонентами системы.

При всем многообразии форм и видов взаимодействия компонент системы, о чем говорит приведенная выше классификация состава, природных факторов и показателей, главенствующая роль среди них принадлежит процессу обмена веществ. Особая негативная роль в этом процессе в последние полстолетия принадлежит Человеку. Хотя еще Ф. Энгельс в свое время в книге «Диалектика природы» писал: «...в природе ничто не совершается обособленно. Каждое явление действует на другое обратно, и в забвении факта этого всестороннего движения и взаимодействия и кроется в большинстве случаев то, что мешает нашим естествоиспытателям ясно видеть даже простые вещи» [13].

Эти вещи слова надо учитывать, принимать во внимание при реализации национальных проектов, особенно при освоении Арктического пространства, учесть все «за» и «против», чтобы не оказаться в состоянии, в котором оказались люди, которые чрезмерно эксплуатировали Природу для достижения сиюминутных целей. Речь идет о нарушении круговорота в Природе на Ближнем Востоке и других точках Земли.

**Таблица 1.** Идеологическая направленность и финансовое обеспечение национальных проектов\*

| № | Тип револуций                   | Цели                                                                                                                                       | Состав нацпроектов                                                                                                                                                                                                                                                                    | Объем финансирования (млрд. руб.) |
|---|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | Популяционная (демографическая) | 1.Обеспечение устойчивого естественного роста численности населения<br>2.увеличение продолжительности жизни                                | 1.1 Демография<br>Здравоохранение                                                                                                                                                                                                                                                     | 3105,0<br>1725,0                  |
| 2 | Экономическая                   | 1. Превращение экономики России в одну из передовых экономик в мире.<br>2. Повышение доходов граждан РФ.<br>3. Улучшение жилищных условий  | 2.1. Жилье и городская среда<br>2.2Международная кооперация и экспорт<br>2.3Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы<br>2.4 Производительность труда и поддержка занятости<br>2.5 Безопасные и качественные автомобильные дороги | 1066,0<br>956,8<br>481,5<br>52,1  |
| 3 | Экологическая                   | 1. Ускорение технического развития РФ<br>2. Увеличение количества организаций, осуществляющих технологические инновации до 50% от их числа | 3.1 Экология                                                                                                                                                                                                                                                                          | 4041,0                            |
| 4 | Информационная                  | Обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий в экономику и социальную сферу                                                       | 4.1 Цифровая экономика                                                                                                                                                                                                                                                                | 1694,0                            |

| № | Тип рево-<br>люций   | Цели                                                                                                                                                                   | Состав нацпроект-<br>тов                     | Объем фи-<br>нансирования<br>(млрд. руб.) |
|---|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 5 | Образо-<br>вательная | 1. Обеспечение гло-<br>бальной конкуренто-<br>способности россий-<br>ского образования<br>2. воспитание граж-<br>данской и социальной<br>ответственности лич-<br>ности | 5.1 Образование<br>5.2 Наука<br>5.3 Культура | 784,5<br>636.0<br>113.5                   |

\*1) Цели

- Повышение качества жизни граждан России - «инвестиции в человеческий капитал»

- Выявление «точек роста» - локальных проектов, программ, социальных институтов, которые являются или станут локомотивами своих отраслей, и смогут обеспечить качественное развитие.

## 2) Тренды:

-Популяционная: обеспечить устойчивый естественный рост численности населения РФ; увеличение средней продолжительности жизни; здравоохранение;

-Экономическая: превращение экономики России в одну из передовых экономик, повышение доходов граждан, улучшение жилищных условий;

-Экологическая: ускорение технологического развития РФ, увеличение количества организаций, осуществляющих технические инновации, до 50% от их общего числа;

Информационная: обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике и социальной сфере;

Образовательная: обеспечение глобальной конкурентоспособности российского образования; воспитание гармонично развитой и социально ответственной личности.

Таблица 2. Названия национальных проектов

| Название нацио-<br>нального<br>проекта | Объем финан-<br>сирования<br>(трлн. руб)/ ко-<br>личество феде-<br>ральных проек-<br>тов | Основные цели и задачи                                                                                    |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Демогра-<br>фия                        | 3,105(11)                                                                                | -Увеличение ожидаемой продолжительности жизни российских граждан<br>-Увеличение доли граждан, ведущих ЗОЖ |

| Название<br>нацио-<br>нального<br>проекта                                      | Объем финан-<br>сирования<br>(трлн. руб)/ ко-<br>личество феде-<br>ральных проек-<br>тов | Основные цели и задачи                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Здраво-<br>охранение                                                           | 1,725(8)                                                                                 | Снижение смертности населения                                                                                                       |
| Образова-<br>ние                                                               | 0,785(10)                                                                                | Вхождение России в число 10 ведущих стран<br>мира по качеству обучения                                                              |
| Жилье и<br>городская<br>среда                                                  | 1,066(4)                                                                                 | Обеспечение доступным жильем семей со<br>средним достатком                                                                          |
| Экология                                                                       | 4,04(11)                                                                                 | -повышение качества питьевой воды<br>-переселение редких видов животных<br>-изменить к 2024 г. воздействие на окружаю-<br>щую среду |
| Безопас-<br>ность и ка-<br>чествен-<br>ные авто-<br>мобиль-<br>ные до-<br>роги | 4,779(4)                                                                                 | Снижение смертности в ДТП в 3,5 раза по<br>сравнению с 2017 г.                                                                      |
| Произво-<br>дитель-<br>ность<br>труда                                          | 0,052                                                                                    | Рост производительности труда                                                                                                       |
| Наука                                                                          | 0,636(3)                                                                                 | Обеспечение присутствия России в числе 5<br>ведущих стран мира                                                                      |
| Цифровая<br>экономика<br>(ЦЭ)                                                  | 1,634(6)                                                                                 | Увеличение затрат на ЦЭ не менее чем в 3<br>раза по сравнению с 2017                                                                |
| Культура                                                                       | 0,113                                                                                    | Укрепление российской гражданской иден-<br>тичности на основе духовно-нравственных и<br>культурных ценностей народов                |
| Малое и<br>среднее<br>предпри-<br>ниматель-<br>ство                            | 10,81(6)                                                                                 | Упрощение налоговой отчетности, упроще-<br>ние доступа к льготному финансированию.                                                  |

| Название национального проекта      | Объем финансирования (трлн. руб)/ количество федеральных проектов | Основные цели и задачи                                                                                                 |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Международная ко-операция и экспорт | 0,957(6)                                                          | -наращивание товарной массы<br>-создание инфраструктуры<br>-устранение торговых барьеров<br>-продвижение продуктов АПК |

**Таблица 3.** Укрупненные характеристики, цели, задачи, финансирования национальных проектов на 2019-2024 период\*

| № | Название национального проекта | Объем финансирования (трлн.руб)/количество федеральных проектов | Основные цели и задачи                                                                                    | 1.Куратор<br>2.Руководитель   | Примечание (самые дорогие федеральные программы) |
|---|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1 | Демография                     | 3,105(11)                                                       | -Увеличение ожидаемой продолжительности жизни российских граждан<br>-Увеличение доли граждан, ведущих ЗОЖ | 1.Т.Голикова<br>2.М.Топилин   | Финансовая поддержка при рождении детей- 87 %    |
| 2 | Здравоохранение                | 1,725(8)                                                        | Снижение смертности населения                                                                             | 1.О.Голодец<br>2.В.Скворцова  | Борьба с онкологическими заболеваниями– 56%      |
| 3 | Образование                    | 0,785(10)                                                       | Вхождение России в число 10 ведущих стран мира по качеству обучения                                       | 1.Т.Голикова<br>2.О.Васильева | Современная школа -40                            |



| № | Название национального проекта                   | Объем финансирования (трлн.руб)/количество федеральных проектов | Основные цели и задачи                                                                                                         | 1.Куратор<br>2.Руководитель | Примечание<br>(самые дорогие федеральные программы)                                           |
|---|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | Жилье и городская среда                          | 1,066(4)                                                        | Обеспечение доступным жильем семей со средним достатком                                                                        | 1.В.Мутко<br>2.В.Якушев     | Обеспечение устойчивого сокращения непригодного для проживания жилищного фонда-49%<br>НДТ-60% |
| 5 | Экология                                         | 4,04(11)                                                        | -повышение качества питьевой воды<br>-переселение редких видов животных<br>-изменить к 2024 г. воздействие на окружающую среду | 1.А.Гордеев<br>2.Кобылкин   |                                                                                               |
| 6 | Безопасность и качественные автомобильные дороги | 4,779(4)                                                        | Снижение смертности в ДТП в 3,5 раза по сравнению с 2017 г.                                                                    | 1.М.Акимов<br>2.Е.Дитрих    | Дорожная сеть 90%                                                                             |
| 7 | Производительность труда                         | 0,052                                                           | Рост производительности труда                                                                                                  | 1.Т.Голикова<br>2.М.Топилин |                                                                                               |

| №  | Название национального проекта      | Объем финансирования (трлн.руб)/количество федеральных проектов | Основные цели и задачи                                                                                                 | 1.Куратор<br>2.Руководитель  | Примечание<br>(самые дорогие федеральные программы) |
|----|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 8  | Наука                               | 0,636(3)                                                        | Обеспечение присутствия России в числе 5 ведущих стран мира                                                            | 1.Т.Голикова<br>2.Ю.Котюков  |                                                     |
| 9  | Цифровая экономика (ЦЭ)             | 1,634(6)                                                        | Увеличение затрат на ЦЭ не менее чем в 3 раза по сравнению с 2017                                                      | 1.М.Акимов<br>2.К.Носков     | Информационная инфраструктура-73%                   |
| 10 | Культура                            | 0,113                                                           | Укрепление российской гражданской идентичности на основе духовно-нравственных и культурных ценностей народов           | 1.О.Голодец<br>2.В.Мединский | Промышленный экспорт-44%                            |
| 11 | Малое и среднее предпринимательство | 10,81(6)                                                        | Упрощение налоговой отчетности, упрощение доступа к льготному финансированию.                                          | 1.А.Силуанов<br>2.Ю.Орешкин  |                                                     |
| 12 | Международная кооперация и экспорт  | 0,957(6)                                                        | -наращивание товарной массы<br>-создание инфраструктуры<br>-устранение торговых барьеров<br>-продвижение продуктов АПК | 1.А.Силуанов<br>2.Д.Мантуров |                                                     |

В соответствии с майским указом Президента России от 2018 года Правительство России 11 февраля 2019 года обнародовало окончательные параметры 13 национальных проектов. Объем финансирования национальных проектов составляет 25, 7 трлн. руб. за шесть лет. (табл. 1 и 3).

**Таблица 4.** Структура расходов в рамках системы «Природа – Человек – Производство»

| Источники финансирования              | Трлн. руб. |
|---------------------------------------|------------|
| 1. Федеральный бюджет                 | 13, 158    |
| 2. Внебюджетные источники             | 7, 315     |
| 3. Бюджеты регионов                   | 4, 903     |
| 4. Государственные внебюджетные фонды | 0, 148     |

**Таблица 5.** Компоненты системы «Природа – Человек – Производство»

|                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1. Производство (экономика): запуск экономического роста (состав: наука; малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы; цифровая экономика; производительность труда и поддержка занятости; международная кооперация и экспорт. | 10,1 трлн. руб. |
| 2. Природа (экология): создание комфортной среды для жизни: безопасные и качественные автомобильные дороги; жилье и городская среда; экология.                                                                                                                                  | 9,9 трлн. руб.  |
| 3. Человек (социальная сфера); развитие человеческого капитала, здравоохранение, образование; демография; культура)                                                                                                                                                             | 7,7 трлн. руб.  |

**Таблица 6.** Самый дорогой и самый дешевый национальные проекты

|                                                                                                                                                                                                                              |                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1. Самый дорогой национальный проект – модернизация и расширение магистральной инфраструктуры, и в сумме с национальным проектом «Безопасные и качественные автомобильные дороги». Эти два национальных проектов составляют: | 6, 348 трлн. руб.  |
|                                                                                                                                                                                                                              | 1, 127 трлн. руб.  |
| 2. Самыми дешевыми стали национальные проекты:                                                                                                                                                                               | -0, 114 трлн. руб. |
| -культура и                                                                                                                                                                                                                  | -0, 052 трлн. руб. |
| - производительность труда и поддержка занятости                                                                                                                                                                             | -0, 166 трлн. руб. |
| -в сумме:                                                                                                                                                                                                                    |                    |

**Таблица 7.** Основные результаты, которые нужно достичь за 6 лет\*

| Показатель | 2017 г. | 2024 г. |
|------------|---------|---------|
|------------|---------|---------|

| Продолжительность жизни                                      | Качество жизни           |                      |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------|
|                                                              | 72,7 года                | 78 лет               |
| Смертность среди трудоспособного населения, на 100 тыс. чел. | 473                      | Не более 350 случаев |
| Младенческая смертность, на 1000 чел. Новорожденных          | 5,5                      | Не более 4,5 случаев |
| Смертность в результате ДТП, на 100 тыс. чел.                | 10                       | Не более 4 случаев   |
| Суммарный коэффициент рождаемости                            | 1,621                    | 1,700                |
| Очередь в ясли                                               | 272 тыс. детей           | Нет                  |
| Доля граждан, занимающихся физической культурой и спортом    | 34%                      | 55%                  |
| Доходы населения                                             |                          |                      |
| Рост реальных доходов                                        | -1,7% при инфляции 2,5 % | Выше инфляции        |
| Рост реальных пенсий                                         | 3,6 % при инфляции 2,5 % | Выше инфляции        |
| Уровень бедности                                             | 14%                      | 7%                   |

\* По данным нац. проекта.

**Таблица 8.** Общая стоимость реализации национальных проектов и источники финансирования

| Источники финансирования  | В абсолютном выражении трлн. руб. | В относительном выражении (процент) |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Федеральный бюджет     | 13, 158                           | 51,2                                |
| 2. Внебюджетные источники | 7, 5115                           | 19,0                                |
| 3. Бюджеты регионов       | 4, 903                            | 29,8                                |
| 4.Итого                   | 25,7                              | 100,0                               |

Национальные проекты – это комплексная программа мероприятий, направленная на стабилизацию положения в определенных сферах жизнедеятельности людей. В проекты включены задачи, которые, по утверждению ее разработчиков, реально могут быть решены за несколько лет при существующей эффективности

действующего экономического механизма и при имеющемся «запасе прочности» экономики, учетом значительного задела в прошлом для реализации целей.

С точки зрения своевременности постановки цели – повышение качества жизни граждан России не вызывает никаких возражений. Огромной массе населения России надоело ходить в бедных и нищих.

Хотя 13 национальных проектов имеют длинную временную историю и свое начало берут еще с нулевых лет (в их состав входят ранее принятые 73 федеральных проекта, 42 государственные программы и 200 подпрограмм. Национальные проекты затрагивают широкий круг проблем, связанных с устойчивым развитием всей триединой системы «Природа – Человек – Производство».

С позиций циклической экономики многие обозначенные проблемы в федеральных программах, подпрограммах переформатированы в духе общей цифровизации рассматриваемых процессов, в рамках циклической экономики;

Наряду с теоретическими вопросами предполагается решить и практические задачи – выявление «точек» локальных проблем и их решение в рамках проектов, программ, социальных институтов, которые являются или станут локомотивами своих отраслей и смогут обеспечить качественную жизнь населения России.

Вспоминая материальную базу обеспечения устойчивого развития экономики России необходимо отметить, что с 1991 по 2018 год было ликвидировано, по данным Росстата, около 85 тыс. заводов России и более 1000 городов и поселений городского типа, а также за указанный период было ликвидировано более 20 000 сел и деревень, а на грани выживания в настоящее время находится еще порядка 30 000 сел и деревень; поголовье крупного рогатого скота сократилось с 60 млн. до 18 млн. голов, фактически ликвидирована местная промышленность [1].

Не менее существенные понесли потери и другие отрасли, в том числе и промышленность, сфера услуг. По расчетам В. Симгары, грузоперевозки в 1990 году составляли 19,9 млрд. т., а в 2017 – 7,9; добыча нефти – 506 млн. т. в 1990 г., 546 – в 2017 г., добыча газа упала с 640 млрд. м<sup>3</sup> до 604 млрд. м<sup>3</sup>; катастрофически снизился выпуск самолетов, кузнечно-прессовых машин, бульдозеров, тракторов, металлорежущих станков – падение составило 70 – 80%; строительство дорог, больниц, школ [2].

«Страшная экономическая ошибка была допущена в самом начале 90-х годов – когда в стране была ликвидирована монополия внешней торговли и Валютная монополия государства...в стране традиционно делалась ставка на первоочередное развитие промышленности, так называемой группы «А» - производства «средств производства». Поэтому все промышленность, которая была связана с производством предметов потребления оказалась в очень невыгодном положении. Она попросту проигрывала в конкурентной борьбе со стихийным импортом» [11].

К пугающей цифре 85 тыс. закрытых заводов нужно относиться творчески. Дело в том, что массово стали закрывать неработающие ИП, когда появились отчисления в ПФР, в этот период происходит процесс «слияния и поглощения» [5].

И все же в России в последние без малого три десятилетия темпы роста ВВП находились (в среднем) на уровне менее 1% - 2,0%, что ниже среднегодового мирового уровня. Не улучшается качество жизни многих граждан России [10].

«Во всех системах дорогой ресурс – это люди. Именно они у нас остались...без них не получается выполнять работы, связанную с другими видами капиталов...именно работа с человеческим капиталом наиболее трудная, емкая, затратная в части собственных ресурсов душевных сил» (см. «Самый важный капитал – это человеческий. Кто не понял – проиграл!»). В этом плане вызывает озабоченность естественная убыль населения, начиная с 1991 года Россия не воспроизводит свое население. Суммарный коэффициент рождаемости ниже уровня простого воспроизводства на 0,5 (и находится на уровне 1, 612) [7].

Численность трудоспособного населения России на начало 2019 года составляла 82,3 млн. чел. Хотя к 2024 году, с учетом тех изменений, которые происходят в возрастной занятости трудоспособного населения ожидается рост до 88,4 млн. человек к 2024 г. Однако увеличение числа занятости населения в основном будет за счет изменения пенсионного возраста, людей, выходящих на пенсию позже [12].

На конец апреля 2019 года рабочая сила экономики (граждане старше 15 лет, не вышедшие на пенсию) составили 74, 941 млн. человек, это 61,9% от общей численности населения страны, и имеет тенденцию к снижению. Параллельно происходит уменьшение численности занятых в экономике – в 2019 году она составила около 1 млн. чел. [3].

Именно сжатием рабочей силы, на которую давит стремительное старение населения объясняется снижение официальной безработицы на уровне 5,0 %. Уровень занятости населения оценивается в 59%. Правда за этой цифрой скрывается огромное количество рабочих мест с неполной занятостью, с пониженным уровнем оплаты труда. «Обычно это нерентабельные производства и градообразующие предприятия, морально и физически устаревшие, но не подлежащие закрытию из-за потребности в сохранении рабочих мест хоть в каком-нибудь виде» [4].

К сожалению, эти тенденции: численность населения, занятость, число экономически активного населения будут продолжать снижаться, а число пенсионеров – увеличиваться.

Сейчас начинает вымирать самое массовое российское поколение: люди, рожденные между 1950 – 1960 гг. Тогда на территории РСФСР рождалось 2,5 – 3,0 млн. детей в год. Сейчас, по данным Росстата – 1,9 млн детей. В ближайшие годы, по-видимому, мы будем иметь убыль населения до 1 млн. человек в год [14].

По данным вице-премьера Голиковой, убыль населения в 2018 году составила почти 100 тыс. чел. без учета мигрантов, она еще больше. Две основные причины убыли: молодежь не торопится рожать, граждане активно уезжают из страны [6].

Вызывает озабоченность и качество окружающей среды во многих регионах страны (Поволжье, Урал, Западная Сибирь) по некоторым данным ежегодно от неблагоприятной экологической ситуации умирает до 300 тыс. человек.

Не до конца решен вопрос с управленческим аппаратом в политической и социально-экономической сферах. Особенно это проявляется при реализации намеченных целей в 13 национальных проектах, не отлажен механизм заключения договоров на региональном уровне. Особенно это характерно для экологического национального проекта в рамках мусорной реформы и в рамках использования наилучших доступных технологий отечественного производства.

И тем не менее Российская экономическая база еще имеет огромный потенциал для решения таких крупных задач, которые поставлены в 13 национальных проектах, а именно:

- национальное богатство России, различными экспертными институтами оценивается от 60 до 350 трлн. долл. Национальное богатство в структурном варианте выглядит так: природный капитал составляет 37%; социально-производственный – 30%, человеческий – 33%. В 2018 году в России добыто 556 млн. т. нефти, газа добыто – 725 млрд. м<sup>3</sup> [9].

- к тому же, ежегодный объем валового внутреннего продукта оценивается более чем в 100 трлн. руб., а по паритету покупательной способности Россия пятая страна в мире с учетом теневого сектора».

И хотя темпы прироста ВВП уступают среднемировым примерно в 2,0 – 2,5 раза, важно то, что в какой-то мере появляется надежда с реализацией целей, поставленных в 12 национальных проектах, положение качества жизни населения россиян улучшится. Резервы для решения этой стратегической задачи имеются. В частности, как мы указывали выше, за счет расширения налоговой базы, путем вывода из теневого сектора почти 15 млн. чел. Это около 20% экономически активного населения, которые могут поступать в государственные фонды до 10% от бюджета. Наступил момент, когда нужно покончить с неэффективностью использования бюджета, непрозрачностью бюджетных расходов, совершенствование системы налогообложения, безнаказанностью и коррупцией, разработки четкой стратегии достижения поставленных целей в 13-ти национальных проектах. В какой-то мере улучшению социально-психологического состояния России способствовало увеличение заготовленных резервов.

Действительно в первом квартале 2019 года мировые центральные банки закупили 145,5 т. золота. Россия стала крупнейшим покупателем золота. Как результат в начале апреля международные резервы РФ превысили внешний долг и составляют 2800 тонн (уступая: США, Китаю, Германии. Франции и Италии). Объем долговых бумаг США с 2010 по 2019 гг. сократился с 176 млрд. долл. до 12 млрд. долл. (сокращение в 15 раз). Сам доллар подешевел с 1900 года более чем в 173 раза) [8].

Предполагается снижение стоимости доллара в течение следующих нескольких лет. Запущенный ранее в Шанхае китайские фьючерсы и нефть, номинированные в нефтеюанях по объему, стоят сразу после марок Brent и West Intermediate, непосредственной причиной дедолларизации является возрастающее использование экономических санкций. Известно, история повторяется дважды в виде фарса. Штрафы в 2014 г. на французский банк BNP в размере 8,9 миллиардов долларов за нарушение экологических санкций, введение США против Ирана,

очевидно многое повторится против любой страны мира. По этой причине Россию переходит в золотовалютные резервы и Китайские юани, евро и японские иены.

Конечно, смена формы резерва не решает всех проблем, накопившихся почти за последнюю четверть века (с 1991 г.) и все-таки обуславливает поиск новых источников обеспечения собственного развития и поиску новых экономических форм взаимоотношения труда и капитала в условиях многополярного мира.

Наше исследование по внедрению модели «Циклической экономики» в Национальные Проекты России дает нам право на утверждение, что срок до 2024 года слишком небольшой по времени. Для стратегического развития и таких кардинальных изменений во всех сферах жизни необходим более долгий срок до 2035 года (а еще лучше до 2050 года). Необходим переход к концепции устойчивого развития, где главной целью было бы улучшение качества жизни, и нахождение баланса интересов между социальными, экологическими и экономическими факторами развития и улучшения институциональной среды путем нахождения баланса между властью, бизнесом и обществом.

## Литература

1. ВВП России на 2018 год. 25.12.2017 год. Россия в цифрах [электронный ресурс], URL: <https://www.gks.ru/storage/mediabank/year18.pdf>, дата обращения: 10.03.2020.
2. Численность экономически активного населения России рухнула с начала века [электронный ресурс], URL <https://zen.yandex.ru/media/georgii/chislennost-ekonomicheskii-aktivnogo-naseleniia-rossii-ruhnula-rekordno-s-nachala-veka-5cee3c2469086f00b040beae>, дата обращения: 10.03.2020.
3. Глазовский Б., Что такое минимальный базовый доход и какие перспективы у гарантированного дохода есть в будущем [электронный ресурс], URL: <https://zen.yandex.ru/media/esquire.ru/chto-takoe-minimalnyi-bazovyi-dohod-i-kakie-perspektivy-u-garantirovannogo-dohoda-est-v-buduschem-5ccadd263e66cc00af04b49b>, дата обращения: 10.03.2020.
4. Гудков Г., «Зона экологической катастрофы – вся Россия» [электронный ресурс], URL: <https://echo.msk.ru/blog/gudkov/2369533-echo/>, дата обращения: 10.03.2020.
5. Данилин И., «Что на самом деле надо знать о «цифровизации» [электронный ресурс], URL <https://zen.yandex.ru/media/freeconomy/chto-na-samom-dele-nado-znat-o-cifrovizacii-5c4c5dbfbb5e7100ad9670a2>, дата обращения: 10.03.2020.
6. Дынкин А., «Так ли уж плох низкий экономический рост?». Журнал «Вольная экономика» [электронный ресурс], URL: <https://zen.yandex.ru/media/freeconomy/tak-li-uj-ploh-nizkii-ekonomicheskii-rost-5cd2c468bd085200b36d315f>, дата обращения: 10.03.2020.
7. Епифанов Е.. «Хайп» о низкой производительности труда в России». [электронный ресурс], URL: <https://www.e-xecutive.ru/quorums/1057-haip-o-nizkoj-proizvoditelnosti-truda-v-rossii>, дата обращения: 10.03.2020.
8. Кейс ван дер Пейл, «Нас всех ждет цифровой социализм или война» [электронный ресурс], URL <https://zen.yandex.ru/media/freeconomy/nas-vseh-jdet-cifrovoy-socializm-ili-voina-5c39ccd95f42c400a9ffc900>, дата обращения: 10.03.2020.



9. Никоноров С.М., Лебедев А.В. Анализ 11 Федеральных Проектов Национального Проекта "Экология" сквозь призму ЦУР - глазами студентов МГУ и ВШЭ" под редакцией профессора МГУ С.М. Никонорова, преподавателя ВШЭ Лебедева А.В. место издания Издательство "Поро" г. Москва, ISBN 978-5-00150-098-8, 2019, 92 с.
10. Никоноров С.М. К «зеленой» экономике через «зеленые» финансы, биоэкономику и устойчивое развитие в журнале Русская политология, № 3, 2017, с. 12-15.
11. Никоноров С.М. От стратегии социально-экономического развития к стратегии устойчивого развития регионов России в журнале Менеджмент и бизнес-администрирование, № 4, 2016, с. 28-35.
12. Папенов К.В., Никоноров С.М. "Концепция воспроизводственной системы "природа-человек-производство" (теоретико-методологические подходы)" в журнале Экономика и управление: проблемы, решения, издательство ООО ИД НБ (Москва), том 4, № 3, 2019, с. 26-38.
13. Папенов К.В., Никоноров С.М. Коэволюционный подход к устойчивому развитию в журнале Экономика устойчивого развития, № 4, 2017, с. 287-298.
14. Петриков А., «Что скрывается за успехами сельского хозяйства?» [электронный ресурс], URL <https://zen.yandex.ru/media/freeconomy/chto-skryvaetsia-za-uspehami-selskogo-hoziaistva-5c920fb80f291800b2e76295> , дата обращения: 10.03.2020.

## References

1. VVP Rossii na 2018 god. 25.12.2017 god. Rossiya v cifrah [elektronnyj resurs], URL: <https://www.gks.ru/storage/mediabank/year18.pdf> , data obrashcheniya: 10.03.2020.
2. CHislennost' ekonomicheskii aktivnogo naseleniya Rossii ruhnula s nachala veka [elektronnyj resurs], URL <https://zen.yandex.ru/media/georgii/chislennost-ekonomicheskii-aktivnogo-naseleniia-rossii-ruhnula-rekordno-s-nachala-veka-5cee3c2469086f00b040beae> , data obrashcheniya: 10.03.2020.
3. Glazovskij B., CHto takoe minimal'nyj bazovyj dohod i kakie perspektivy u garantirovannogo dohoda est' v budushchem [elektronnyj resurs], URL: <https://zen.yandex.ru/media/esquire.ru/chto-takoe-minimalnyi-bazovyj-dohod-i-kakie-perspektivy-u-garantirovannogo-dohoda-est-v-buduschem-5ccadd263e66cc00af04b49b> , data obrashcheniya: 10.03.2020.
4. Gudkov G., «Zona ekologicheskoy katastrofy – vsya Rossiya» [elektronnyj resurs], URL: <https://echo.msk.ru/blog/gudkov/2369533-echo/> , data obrashcheniya: 10.03.2020.
5. Danilin I., «CHto na samom dele nado znat' o «cifrovizacii» [elektronnyj resurs], URL <https://zen.yandex.ru/media/freeconomy/chto-na-samom-dele-nado-znat-o-cifrovizacii-5c4c5dbfbb5e7100ad9670a2> , data obrashcheniya: 10.03.2020.
6. Dynkin A., «Tak li uzh plokh nizkij ekonomicheskij rost?». ZHurnal «Vol'naya ekonomika» [elektronnyj resurs], URL: <https://zen.yandex.ru/media/freeconomy/tak-li-uj-ploh-nizkii-ekonomicheskii-rost-5cd2c468bd085200b36d315f> , data obrashcheniya: 10.03.2020.
7. Epifanov E., «Hayp» o nizkoj proizvoditel'nosti truda v Rossii». [elektronnyj resurs], URL: <https://www.e-xecutive.ru/quorums/1057-hayp-o-nizkoj-proizvoditel'nosti-truda-v-rossii> , data obrashcheniya: 10.03.2020.
8. Kejs van der Pejl, «Nas vsekh zhdet cifrovoj socializm ili vojna» [elektronnyj resurs], URL <https://zen.yandex.ru/media/freeconomy/nas-vseh-jdet-cifrovoi-socializm-ili-voina-5c39ccd95f42c400a9ffc900> , data obrashcheniya: 10.03.2020.

9. Nikonorov S.M., Lebedev A.V. Analiz 11 Federal'nyh Proektov Nacional'nogo Proekta "Ekologiya" skvoz' prizmu CUR - glazami studentov MGU i VSHE" pod redakciej profesora MGU S.M. Nikonorova, prepodavatelya VSHE Lebedeva A.V. mesto izdaniya Izdatel'stvo "Pero" g. Moskva, ISBN 978-5-00150-098-8, 2019, 92 s.
10. Nikonorov S.M. K «zelenoj» ekonomike cherez «zelenye» finansy, bioekonomiku i ustojchivoe razvitie v zhurnale Russkaya politolo-giya, № 3, 2017, s. 12-15.
11. Nikonorov S.M. Ot strategii social'no-ekonomicheskogo razvitiya k strategii ustojchivogo razvitiya regionov Rossii v zhurnale Me-nedzhment i biznes-administrirovanie, № 4, 2016, s. 28-35.
12. Papenov K.V., Nikonorov S.M. "Konceptiya vosproizvodstvennoj sistemy "priroda-che-lovek-proizvodstvo" (teoretiko-metodologicheskie podhody)" v zhurnale Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya, izdatel'stvo OOO ID NB (Moskva), tom 4, № 3, 2019, s. 26-38.
13. Papenov K.V., Nikonorov S.M. Koevolucionnyj podhod k ustojchi-vomu razvitiyu v zhurnale Ekonomika ustojchivogo razvitiya, № 4, 2017, s. 287-298.
14. Petrikov A., «CHto skryvaetsya za uspekhami sel'skogo hozyajstva?» [elektronnyj resurs], URL <https://zen.yandex.ru/media/freconomy/chto-skryvaetsia-za-uspehami-selskogo-hoziaistva-5c920fb80f291800b2e76295> , data obrashcheniya: 10.03.2020.

## The relationship between the cyclical economy model and national projects

K.V. Papenov <sup>1</sup>, S.M. Nikonorov <sup>2</sup>

Lomonosov Moscow State University, Economic Faculty, Moscow, Russia

E-mail: <sup>1</sup>PapenovKV@econ.msu.ru, <sup>2</sup>Nico.73@mail.ru

**Abstract.** The article shows the relationship between the National Projects of Russia until 2024 and such an economy model as the “Cyclical Economy”. The ideological orientation and financial support of national projects is indicated. The model of "Cyclical Economics" is also considered from methodological, conceptual and theoretical points of view.

**Keywords:** cyclical economy, national projects, people, environment, production

УДК 930(091)

**Академик РАН Роберт Искандерович Нигматулин –  
жизненный путь в науке (к 80 – летнему юбилею)**А.М. Залиханов <sup>[0000-0002-2540-6045]</sup>

Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: bulungu@yandex.ru

**Аннотация.** В статье представлен обзор публикаций, приуроченных к 80-летнему юбилею научного руководителя ИО РАН, профессора, академика РАН Р.И. Нигматулина

**Ключевые слова:** персоналии, РАН, МГУ, юбилей, математика, механика, океанология

Роберт Искандерович Нигматулин родился 17 июня 1940 года в Москве [1]. В 1963 году окончил с отличием энергомашиностроительный факультет Московского Высшего технического училища им. Н.Э. Баумана по специальности «инженер-механик по турбостроению». Параллельно учился на механико-математическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова — окончил его в 1965 году с отличием по специальности «математика». С 1963 года — в Институте механики МГУ: младший, старший научный сотрудник, начальник сектора, с 1980 года — зав. лабораторией механики многофазных сред.

В 1967 году защитил кандидатскую, в 1971 году — докторскую диссертацию по физико-математическим наукам.

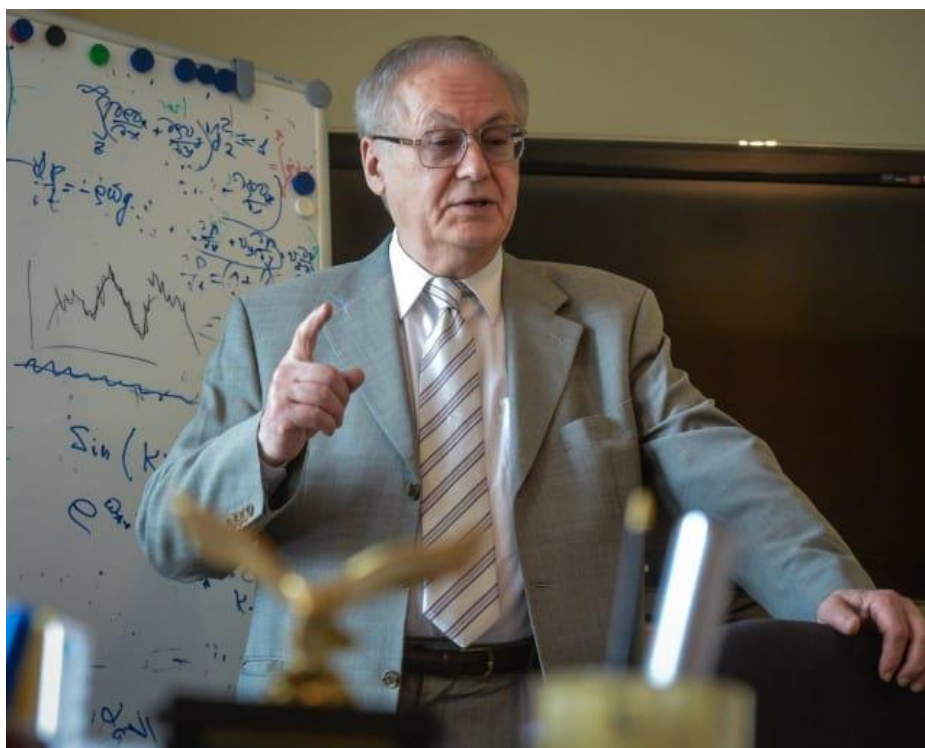
С 1972 года — профессор на кафедре волновой и газовой динамики мехмата МГУ. В 1986 году по приглашению СО АН СССР с группой учеников переехал в Тюмень для организации Тюменского научного центра АН СССР: зам. директора Института проблем освоения Севера СО АН СССР и Института теплофизики СО АН СССР, с 1989 года — директор-организатор Института механики многофазных систем СО АН СССР. В 1986 году организовал кафедру механики многофазных сред в Тюменском Госуниверситете. В 1993-2006 гг. — председатель Уфимского научного центра РАН, президент АН Республики Башкортостан.

В 2006-2016 гг. — директор Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, с 2017 года Роберт Искандерович Нигматулин - научный руководитель Института.

Научный руководитель Тюменского института механики многофазных систем СО РАН. Профессор МГУ им. М.В. Ломоносова; зав. кафедрой газовой и волновой динамики, зав. Отделением механики Мехмата МГУ. Профессор Сколковского института науки и технологий.

В 1994 -2005 гг. — приглашенный профессор Ренсселайрского политехнического института (Трой, Нью-Йорк, США). В 1996-1998 гг. — приглашенный профессор Университета Пьера и Марии Кюри (Сорбонна, Париж, Франция), в 2000 году — профессора Института Исаака Ньютона (Кембридж, Великобритания).

Член-корреспондент АН СССР с 1987 года, академик РАН с 1991 года — Отделение наук о Земле.



**Рис. 1.** Академик Р.И. Нигматулин читает лекцию студентам мехмата в МГУ им. М.В. Ломоносова (2017 год). Источник: <https://me-forum.ru/media/news/7376/>

Академик Р.И. Нигматулин — крупный ученый в области механики и термодинамики многофазных многопараметрических систем, их математического моделирования, признанный организатор науки. Исследовал газожидкостные потоки с физико-химическими превращениями и ударно-волновыми процессами — тематика актуальна в атомной энергетике, в химических технологиях, нефтегазовой сфере, океанологии, экологии. Занимался процессами в тепловыделяющих каналах ядерных реакторов, в трубчатых печах нефтепереработки — с предотвращением в них кризиса теплоотдачи.

Наибольший вклад внесли его работы в решение ряда фундаментальных проблем в области математического моделирования динамики многофазных сред, гидро- и газодинамики паро- и газожидкостных систем; горения, детонации и взрывов в дисперсных средах; фильтрации многофазных жидкостей; динамики упругопластических сред с физико-химическими превращениями. Им предложены оригинальная общая постановка проблемы движения гетерогенных сред, метод построения замкнутых систем уравнений динамики и термодинамики различных типов гетерогенных сред, методы описания внутрифазных и межфазных процессов, основанные как на осреднении микроуравнений, так и на феноменологических подходах.



**Рис.2.** Р.И. Нигматулин на Северном полюсе (2007г.) . Источник: <https://me-forum.ru/media/news/7376/>

Р.И. Нигматулиным установлены законы распространения различных видов волн (волн сжатия, разрежения, горения, детонации) в двухфазных системах различной структуры и обнаружен ряд новых эффектов. Он развил теорию скоростного деформирования твердых тел при наличии в них полиморфных превращений, образования и движения дислокаций, упрочнения металлов при взрывных нагрузках. Под его руководством выполнены исследования по проблемам безопасности энергетических и технологических систем, новым методам добычи нефти и газа, повышения нефтеотдачи пластов, увеличения эффективности и ин-

тенсификации технологических процессов в энергетике, нефтепереработке, химической технологии и взрывном деле. Так, установлен механизм закоксовывания трубчатых печей для нагрева углеводородного сырья, который связан не только с кинетикой химических реакций, но и с гидродинамикой газожидкостного потока — в результате были предложены меры по предотвращению указанного явления. Важными для создания перспективных технологий являются результаты, полученные при исследовании образования и схлопывания пузырьковых кластеров в холодных дейтерированных жидкостях при интенсивном акустическом воздействии. С американскими коллегами исследовал сверхсжатие пузырьковых кластеров в жидкости для достижения экстремальных параметров, в том числе и термоядерных. Теоретически предсказана возможность достижения ультракоротких всплесков давлений и температур, близких к условиям протекания термоядерного синтеза.

Уделяет внимание анализу роли тепломассообмена между океаном и атмосферой в формировании климата на Земле. Занимается уточнением гидро- и термодинамических уравнений, описывающих климатические и метеорологические процессы.

Последние 20 лет занят, в том числе, социально-экономической тематикой: экономическая система многокомпонентна и почти аналогична химическому реактору — здесь существуют макробалансы и межотраслевые балансы, аналогичные балансам массы и энергии в химическом реакторе. Р.И. Нигматулин написал ряд книг по развитию идеи балансов в экономической теории, применительно к современным реалиям России — в своих идеях получил поддержку лидеров экономической науки: академиков Л.И. Абалкина, Д.С. Львова, А.А. Аганбегяна, В.В. Ивантера, С.Ю. Глазьева, членов-корреспондентов РАН Р.С. Гринберга, Д.Е. Сорокина.

У Р.И. Нигматулина огромный опыт научно-организационной работы — еще с тех пор, когда в 1993 году в Республике Башкирия он возглавил обе академические структуры УНЦ РАН и АНРБ — большой комплекс академических и отраслевых НИИ. Тогда, «влихие девяностые» удалось поднять авторитет науки. Он возглавил разработку программ социально-экономического и гуманитарного развития Башкортостана, впервые был разработан межотраслевой баланс экономики Республики. По его инициативе группа специалистов УНЦ РАН и АНРБ по геологии, почвоведению, подземным водам, ботанике, генетике, медицине провели исследования в районах республики, примыкающих к Челябинской области — установили, что здесь нет радиоактивного заражения вследствие аварии на комбинате «Маяк», а характерные болезни связаны с тем, что эти места когда-то были дном океана с его отложениями. За счет республиканского и федерального бюджетов его усилиями было построено жилье для ученых и современный лабораторный корпус.



**Рис.3.** Слева направо: А.В. Егоров, Р.И. Нигматулин, А.М. Сагалеvич, В.В. Путин, Д.Ф. Мезенцев (02.08.2009, Байкал). Источник: сайт ИО РАН, <https://ocean.ru/>

Большие задачи пришлось решать Р.И. Нигматулину в статусе директора Института океанологии имени П.П. Ширшова РАН — это большой (1,2 тыс. человек) институт с пятью филиалами в разных городах и с исследованиями в области гидродинамики, акустики, математического моделирования, географии, химии, биологии, геологии, инженерии [2]. Океан — до конца не оцененный резерв ресурсов для растущего населения на Земле: это климат, пищевые и минеральные ресурсы, нефть, газ, руды, транспорт, катастрофы (цунами и волны-убийцы), военно-морской флот. Нужно отстаивать не просто водное пространство, а территорию, принадлежащую нашей стране.

Во многом благодаря усилиям Р.И. Нигматулина государственное финансирование научного флота РАН увеличилось в 6 раз и достигло 1 млрд. руб. в год, создан Центр морских экспедиций и флота при ИО РАН, в котором собраны все суда академических институтов. Р.И. Нигматулин возглавил Совет по геосфере Земли, объединяющий представителей всех институтов, ведущих экспедиционные исследования; Совет определяет приоритеты исследований, распределяет ресурсы на экспедиционные исследования и содержание судов, оценивает результаты работ.

Известна твердая позиция Р.И. Нигматулина по ряду вопросов. Некоторые цитаты из его интервью: «Сейчас государственность РАН под угрозой, идет ее сползание в статус клуба академиков и членкоров. История не простит ни правительству, ни современному обществу, ни нам — членам РАН, если мы не выведем Академию из траектории падения на траекторию взлета». «Катастрофическое недофинансирование приводит к нищете духа. Это надо преодолеть. Все-таки, в

науке обязательно должны быть полет и страсть. Обязательно! А со старыми приборами и в изношенных лабораториях не взлетишь». «Вижу, что все, что было построено, постепенно рушится. Я не могу себе представить, как страна будет развиваться, не восстановив мощь Академии наук». «Нам следует, не теряя национальной индивидуальности, ощущать себя единым многоязычным и многоэтническим народом России».

Р.И. Нигматулин — создатель признанной в мире научной школы в области механики и гидродинамики, его ученики работают в России, Украине, США, Канаде, Израиле, Вьетнаме. Среди его учеников 30 докторов и 50 кандидатов наук, среди них — три директора академических институтов, 2 члена-корреспондента РАН.

Автор более 200 научных статей, патентов, авторских свидетельств. Им написано 9 монографий, которые являются настольными книгами специалистов, работающих в области механики и теплофизики гетерогенных сред, в США издана двухтомная монография «Динамика многофазных сред».

Главный редактор журнала «Океанология», член редколлегии 10 международных журналов.

Член Президиума РАН, член Бюро Отделения наук о Земле РАН, председатель Научного совета РАН по проблемам Мирового океана, член Комиссии по уставу РАН, председатель Научного совета РАН по комплексной проблеме «Гидрофизика».

Член президиума Уфимского федерального исследовательского центра РАН. действительный член Российской инженерной академии, член Международного союза теоретической и прикладной механики.

Входит в состав Национальных комитетов по теоретической и прикладной механике, по тепло- и массообмену, международного комитета по многофазным течениям.

Был членом бюро Тюменского обкома КПСС, делегатом XIX Всесоюзной конференции КПСС, дважды избирался депутатом Госсобрания Республики Башкортостан, в 1999-2003 гг. был депутатом Госдумы, где возглавил Высший экологический совет, был представителем ГД РФ в Парламентской ассамблее Совета Европы.

Награжден орденом Почёта, орденом «За заслуги перед Отечеством» IV ст. Лауреат премии Ленинского комсомола, Государственной премии СССР, двух премий Правительства РФ.

Академик Роберт Нигматулин обстоятельно рассказывает о своих взглядах на решение проблем климата, российской науки и российской экономики на страницах журнала «Эксперт» №34 (1085) от 20 августа 2018 года [3].

На последних выборах президента Российской академии наук (РАН) научный руководитель Института океанологии им. П. П. Ширшова академик Роберт Нигматулин занял второе место [2,3]. И хотя победить не удалось, он обратил на себя внимание не только академической публики, но и широкой общественности выступлениями о проблемах науки и экономики. После этих выборов во взаимоотношениях РАН и власти произошли существенные позитивные изменения. Но остались и проблемы, относительно решения которых у Роберта Искандеровича есть своя точка зрения, не всегда совпадающая с точкой зрения руководства РАН.



Мы решили обсудить с ним эти проблемы. Но начали беседу с тех, что являются профессиональной заботой академика, — проблем океана и климата, которые океан в значительной мере определяет.

— Океан — диктатор климата. Масса океана в триста раз больше, чем масса атмосферы. А теплоемкость в тысячу раз больше. Вот почему малейшие изменения в океане очень сильно влияют на состояние атмосферы. И второе важное обстоятельство: в океане много углекислого газа, который, как все теперь знают, оказывает очень большое влияние на климат: в океане  $\text{CO}_2$  в пятьдесят раз больше, чем в атмосфере.

Содержание углекислого газа в атмосфере — три-четыре сотых процента, но это как раз тот случай, когда малый параметр оказывает большое влияние. Есть оценки, что если бы в атмосфере не было углекислого газа, то температура воздуха была бы на тридцать градусов ниже.

Когда коротковолновое солнечное излучение падает на Землю, в атмосфере его поглощает в основном только озоновый слой. А главное, оно поглощается поверхностью Земли и воды, а потом переизлучается в длинноволновый спектр. Именно это излучение поглощается уже парниковыми газами — углекислым газом и водяным паром — и греет атмосферу. А водяного пара в атмосфере на два порядка больше, чем углекислого газа.

За последние пятьдесят лет концентрация углекислого газа выросла в атмосфере примерно на треть. Это довольно много. Было 300 промилле, а теперь уже 400.

Климат и океан

— Всех интересует, что будет с климатом Земли...

— Как вы знаете, ученые и общественность всего мира озабочены перспективой глобального потепления. Средняя по всей поверхности Земли температура воздуха составляет примерно 13,5–14 градусов Цельсия. В последнее время, особенно после пятидесятих годов прошлого века, она стала расти. За сто лет температура увеличилась на 0,8 градуса. С точки зрения физики это немного, почти ничто, а с точки зрения биологии это существенно. Например: если температура вашего тела 36,6 градуса, это нормально, а если она на 0,8 градуса выше, вы больны.

Классическая концепция потепления состоит в следующем. В атмосфере, как я уже сказал, продолжает расти концентрация углекислого газа. Это связано с тем, что человечество сжигает много топлива, содержащего углерод, и с тем, что сокращается зеленая масса хлорофилла, поглощающего углекислый газ, из-за вырубки лесов. В результате температура воздуха повышается, повышается и температура воды в океане. Парниковое действие  $\text{CO}_2$  само по себе невелико, соответственно, повышение температуры от него тоже невелико. Однако в результате этого небольшого повышения температуры атмосферы повышается температура воды в океане, а значит, возрастает парообразование. В результате в атмосфере увеличивается содержание водяного пара, из-за этого опять увеличивается температура. Водяной пар является более сильным, чем  $\text{CO}_2$ , парниковым газом. Ка- залось бы, возникновение такой положительной обратной связи должно привести

к непрерывному росту температуры приземного воздуха: увеличилась температура, опять увеличивается содержания водяного пара и так далее. На самом деле природой предусмотрен компенсационный механизм. Я сейчас этим занимаюсь, хочу построить теорию этой компенсации. Пока это гипотеза: по мере увеличения в воздухе паросодержания должна увеличиться облачность, а значит, возрастает отражение солнечного излучения облаками.

— Возникает отрицательная обратная связь.

— Да, компенсационный механизм. Я думаю, такой механизм должен быть, иначе невозможно объяснить, почему устанавливается равновесие при существующем уровне температур и влажности воздуха на Земле.

Некоторые специалисты отрицают влияние антропогенного роста концентрации  $\text{CO}_2$  на процессы потепления, но я присоединяюсь к большинству специалистов и думаю, что этот рост — важный фактор. Шестьдесят пять миллионов лет тому назад углекислого газа было в два раза больше, чем сейчас. И на Земле стояла такая жара, что даже на дне океана было десять градусов Цельсия, а сейчас — минус один. Потом произошла вроде бы катастрофа — упал Юкатанский метеорит, поднял кучу пыли, стало холодно, динозавры вымерли. Я даже видел след этой пыли в одном великолепном германском хранилище кернов (образцов), выбуренных из осадочных пород под дном океана. В одном из кернов была видна желтая полоска. Что это такое? Это та самая осевшая на тогдашнее дно океана пыль. Поразительно! Наш выдающийся геолог, изучающий осадочные процессы в океане, академик Александр Петрович Лисицын называет это магнитофонной записью. Но меня интересует изменение климата в масштабах десятилетий, в масштабах моей жизни, жизни моих детей, внуков.

А динамика в масштабах сотен тысяч лет, когда влияют другие, еще и астрономические, факторы, — это мне неинтересно. Естественным образом концентрация углекислого газа на Земле существенно менялась, примерно периодами по пятьдесят-сто тысяч лет, а я рассматриваю десятилетия, когда сказывается антропогенный фактор роста концентрации  $\text{CO}_2$ .

Нам нужно пережить пару десятилетий. Через двадцать-тридцать лет сжигание углеводородного топлива должно постепенно уменьшиться, потому что будут освоены возобновляемые источники энергии, главным образом солнечная энергетика. Ожидается существенный прогресс в области солнечных батарей и батарей, аккумулирующих электрическую энергию. Пока их энергетическая и экологическая эффективность, их экономика уступают существующим электростанциям. Пока стоимость полученной на солнечной электростанции электроэнергии меньше стоимости электроэнергии, затраченной на производство солнечных батарей и аккумуляторов, если учесть затраты на их утилизацию после отработки их ресурса. В Германии государство субсидирует солнечную энергетику, чтобы постепенно приучить людей к грядущей энергетической революции. Оптимизм в этом отношении возрастает. Люди, которые были скептически настроены, и я тоже, теперь отвергают этот скепсис.

В связи с этим хочу напомнить классический пример. В девятнадцатом веке городской транспорт развивался за счет конной тяги. Из-за роста городов число лошадей в них увеличивалось с угрожающей скоростью. С такой же скоростью

на улицах городов росло и количество неубранного навоза. В 1894 году в газете Times of London приводилась оценка какого-то скучного догматика, что к 1950 году каждая городская улица будет покрыта слоем конского навоза толщиной почти три метра. В Нью-Йорке в 1890 году подсчитали, что к 1930 году (всего через сорок лет) слой лошадиного навоза на улицах города будет доходить до окон третьего этажа. Но из-за научно-технического прогресса через тридцать лет транспорт в городах стал другим. Автомобили, автобусы, трамваи, метро, троллейбусы решили проблему навоза в городах. Конечно, появились другие проблемы. Но они тоже будут решены на основе научно-технического прогресса.

— У академика Фаворского очень критическое отношение к теории антропогенного влияния на климат. Он считает, что океан влияет значительно сильнее...

— То, что океан оказывает важнейшее влияние на климат, бесспорно. Но это не отменяет влияния антропогенного фактора, связанного с ростом концентрации CO<sub>2</sub>. Потепление непосредственно из-за антропогенного роста концентрации CO<sub>2</sub> относительно мало, но это малое потепление вызывает рост концентрации важнейшего парникового газа — водяного пара. Благо океан покрывает 72 процента поверхности Земли, то есть воды для испарения в избытке.

Океан перераспределяет энергию, поступающую на Землю от Солнца. Он разносит тепло своими течениями. Океан чуть-чуть отдает тепло или чуть-чуть берет из атмосферы, но для атмосферы это как для бедняка доллар, который ему бросил миллионер: для богача доллар ничто, а для нищего — кое-что. Атмосфера как капризная девчонка, у которой чуть что настроение портится: солнце взойшло — стало тепло, облака налетели — уже прохладно. А океан — это стабильный «диктатор» климата, облака пришли и ушли, а он все равно ведет себя стабильно.

Следует иметь в виду, что климат и погода зависят от многих факторов. Влияет эллиптичность орбиты Земли вокруг Солнца, из-за чего в январе мы ближе к Солнцу, чем в июле, поэтому в январе на Землю в целом поступает на семь процентов солнечной радиации больше, чем в июле. На климат влияют такие планеты, как Юпитер и Венера.

— Каким образом?

— Они за счет своей гравитации вносят небольшие возмущения в орбиту Земли, чуть отдаляя или приближая нас к Солнцу. И тем самым чуть уменьшая или увеличивая количество солнечной радиации, попадающей на Землю. Примерно каждые двенадцать лет возникает своеобразный резонанс, когда этот эффект более значителен. А каждые шестьдесят лет он максимален. Хотя все это в пределах одного процента солнечной радиации, но этого хватает, чтобы влиять на сезонные температуры.

На климат влияют и глобальные течения, поверхностные и глубинные, которые имеются в океане. Они переносят большое количество тепла, что определяет климат различных регионов мира. Вы, наверное, слышали о теплом течении Гольфстрим, многие смотрели фильм The Day After Tomorrow («Послезавтра»). Там описывается следующая ситуация: ледники Гренландии, которая с севера ограничивает Атлантический океан, из-за потепления начинают трескаться и таять. Талая пресная (легкая) вода стекает и с севера тормозит приповерхностное,

несущее теплые воды с юга течение Гольфстрим. Поступление теплых вод сокращается, и в Нью-Йорке наступает катастрофический холод. Могу сразу вас успокоить: мы организуем экспедиции, делаем измерения, изучаем, что творится с Гольфстримом. Каждый год там работают наши экспедиции. Исследования нашего института показывают, что какого-то тренда в расходе теплой воды в Гольфстриме нет. Но небольшие циклические изменения с периодом около двадцати лет происходят. Меняются расход, температура и соленость. Недавно наши ученые обнаружили аномальное погружение холодных вод в море Ирмингера, находящегося к западу от Гренландии. Но Гольфстрим еще тысячи лет будет приносить тепло с экватора. Это важно для понимания того, что будет с климатом Земли.

Освоение природных ресурсов океана

— Сейчас модная тема — освоение природных ресурсов океана...

— Человечество сушу уже всю поделило, границы государств уже мало меняются. Сейчас активно делят шельф. Проблема шельфа такая: двенадцатикилметровая зона — это государственная граница, двухсотмильная зона вдоль берегов — это зона экономической активности соответствующего государства. Мы в советское время от Кольского полуострова до Чукотки секторально Арктику отделили и считали Ледовитый океан до полюса своей территорией. В девяностые годы под давлением ряда государств ослабевшая Россия отказалась от своего сектора и ратифицировала правило, по которому в зону экономической активности включается не только двухсотмильная зона, но и шельфовая зона над продолжением континентального фундамента. Но последнее надо доказать.

Наш институт участвовал в работах по обоснованию претензий России на континентальный шельф в Ледовитом океане вместе с ВНИИ океаногелогии, который провел сейсмические исследования шельфа. А наш институт разработал модель, которая показывает движение континентов. Было доказано, что шельф действительно продолжение континентального фундамента. Заявка на шельф подана от имени России в соответствующую комиссию ООН.

Итак, шельф уже делится. Теперь начинают делить открытый океан: рыбные и другие пищевые ресурсы, минеральные ресурсы — нефть, газ, руды... То есть государства начинают делить 72 процента поверхности Земли. Основные запасы многих металлов сосредоточены именно там, на дне океана. Правило такое: стране выделяют зону для исследования. Благодаря этому исследованию страна доказывает, что в этой зоне такой-то ресурс, например анчоуса, или криля, или руды, или нефти и так далее, и то, что этот ресурс можно добывать в таком-то количестве без ущерба, в том числе экологического. Если вы доказали, то треть этой зоны отдается вам для экономической деятельности. Но, повторяю, для этого нужно проводить исследования, иметь соответствующие суда, организовывать экспедиции, все время там присутствовать. Эти правила в пользу состоятельных государств, которые после разделения океана станут еще состоятельнее, а несостоятельные останутся ни с чем. А у нас это мало кто понимает. В результате мы можем остаться без всего.

Наши суда устарели, на экспедиции выделяют мало денег. Если не одумаемся, то причиним огромный геополитический ущерб для наших детей и внуков. Недавно этот вопрос обсуждался на заседании президиума РАН. Но все же я добился выделения одного миллиарда рублей в год на океанские экспедиции для институтов РАН. Это существенная прибавка, так как до этого мы имели всего 170 миллионов рублей. Но этого для решения геополитических проблем явно недостаточно.

Показательно, как «пробиваются» такие решения. На одной из встреч в 2010 году с Владимиром Владимировичем Путиным я постарался убедить его, что нужно существенно увеличить финансирование научно-исследовательского флота РАН. Он обещал помочь. В 2012 году, когда Путин стал президентом России, он дал поручение правительству рассмотреть этот вопрос. Минфин затягивал его решение, я пошел к помощнику президента Андрею Александровичу Фурсенко и представил обоснование на два миллиарда рублей в год. Он сказал, что это очень много. Тогда отдел флота Института океанологии РАН подсчитал, что если объединить все суда Академии наук в одном центре коллективного пользования, не самые нужные и устаревшие суда списать, несколько сократить численность (показав тем самым остроту проблемы), то можно пока обойтись одним миллиардом в год. После этого Фурсенко добился поддерживающей резолюции Путина. Но Минфин по-прежнему саботировал решение вопроса. Как раз в 2013 году пришло ФАНО, и его руководитель Михаил Михайлович Котюков, как бывший замглавы Минфина, к 2015 году все-таки смог этот миллиард пробить. Четвертый год мы реализуем это финансирование.

Эти деньги на содержание судов и организацию экспедиций. Суда старые, они неэкономичные, у них экипажи большие, нет автоматики. Кроме того, все дорожает: топливо, ремонты, оборудование. Нужны современные суда, они более экономичные. Но строительство каждого судна — это около пяти миллиардов рублей. Нам нужно два судна: для базы в Калининграде и базы во Владивостоке. Их проекты уже разработаны. Если этих судов не будет, мы постепенно потеряем экспедиционные возможности. А эти возможности надо увеличивать.

— То есть мы можем потерять возможность исследования океана?

— Да. Мы потеряем возможность участвовать в «дележе» океанского дна и океанских глубин для российской экономической активности. А ведь, например, анчоуса в океане так много, что американцы его использовали и будут использовать как корм в птицеводстве. Его миллиарды тонн, резервы огромные.

А на дне разнообразные руды. Например, кобальта в океане в шестьдесят раз больше, чем на суше. Руды можно добывать со дна океана, но надо решить экологические проблемы. В океане огромные бактериальные и вирусные массы. А это новое сырье для фармацевтики. Наш институт занимается изучением сульфидных руд в Атлантике. За эти исследования группа наших сотрудников была награждена премией правительства РФ.

Нужно энергично расширять исследование ресурсов Мирового океана, увеличить потенциал исследовательского флота. Но в современной России средств на научные исследования выделяется очень мало. В США на науку тратят три процента ВВП, в Израиле — четыре процента, а мы — один процент ВВП, из них на

институты РАН идет только 0,15 процента. А руководители страны говорят, что на науку выделяют большие средства.

Конечно, следовало бы понудить бизнес, чтобы и он вкладывал средства в исследование океана, немного сократив траты на покупку фешенебельных яхт и дворцов в Европе.

— Как вы, математик по образованию, стали океанологом?

— Я вернулся из Уфы в Москву в 2006 году после двадцати лет работы в Тюмени, где я организовал Институт механики многофазных систем Сибирского отделения РАН, и в Уфе, где был председателем Уфимского научного центра Российской академии наук и президентом Академии наук Республики Башкортостан. Меня пригласил вице-президент РАН Николай Павлович Лаверов и говорит: надо возглавить Институт океанологии. А я океана никогда не видел. Но, говорит он, там кризис, а когда кризис, нужен человек со стороны. Тем более что в современной океанологии много теоретических проблем. Сначала я был очень удивлен, даже не знал, как к этому относиться. Лаверов еще раз мне сделал это предложение. И я начал думать, хотя у меня были другие планы, я в другой институт хотел идти, уже его посещал, хотел участвовать там в выборах директора. Но когда я посоветовался со своими учениками и друзьями, встретился с несколькими океанологами, все как один сказали: «Иди в Институт океанологии». И оказались правы. Я специалист в области гидродинамики, акустики, термодинамики многофазных систем. Все эти темы как раз в океанологии представлены.

Океан взаимодействует с атмосферой, с океаническим дном. Фактически это и есть многофазная система. Научный коллектив Института океанологии поверил мне и избрал директором. Я расширил ученый совет до ста человек, чтобы в нем были представлены географы (океанографы), физики, математики, химики, биологи, геологи, инженеры. Условно можно сказать, что каждый профессионально понимает двадцать-тридцать процентов проблем океана. Ведь океан — это очень сложный, комплексный объект. И исследовать его и решать возникающие проблемы надо комплексно, силами разных специалистов. Обсуждение научных докладов на ученом совете дало мне океанологическое образование. Сам я сейчас занимаюсь математическими проблемами моделирования климата, на который океан очень сильно влияет. Сюда же примыкает моя давняя любовь — кавитация.

— Кавитация в океане тоже присутствует?

— В любой воде есть пузырьки воздуха. А раз есть пузырьки, значит, есть кавитация, связанная с возникновением газовых пузырьков, что часто завершается их схлопыванием с образованием экстремальных давлений и скоростей. Кроме того, из-за пузырьков вода меняет акустические свойства, а это влияет на трактовку акустических и сейсмических измерений, на применение разнообразной техники, которую, кроме того, кавитация может разрушать.

Я десять лет проработал директором, за это время институт продвинулся в развитии науки и укреплении материальной базы. А я сам многое понял, активно участвовал в распространении достижений океанологии. Это очень важно, так как с океаном связаны многие глобальные проблемы экономики и геополитики.

Сейчас мой контракт закончился. И теперь я занимаю должность научного руководителя этого института и переизбран членом президиума РАН.

### Проблемы РАН

— Вы претендовали на должность президента РАН. Каковы ее главные проблемы, которые надо решить?

— Академия должна активно ставить перед руководством страны ключевые вопросы развития России и добиваться, чтобы правительство обеспечивало их решение. Причем во всех областях. А сейчас этого нет. Еще академик Капица говорил, что ученые прежде всего озабочены созданием условий для своей личной работы и терпеть не могут широкой постановки вопросов. Он был одним из немногих в академии, кто ставил такие вопросы, потому что был крупной личностью. Среди ученых таких личностей очень мало. Не надо думать, что каждый ученый — это личность в государственном масштабе. Он личность в своей области науки. Ученые интересные люди. Но как только выходишь на более общие проблемы, масштаба у многих, даже самых именитых, не хватает. А это сейчас требуется больше всего.

Академия наук разобщена. Каждый хочет построить какую-то свою установку, обеспечить финансирование своей темы, и многие строят, даже решают какие-то задачи. Но это локальные задачи.

Все начинается с личности. Позволю себе историческое отступление. Народы творят историю, но под руководством крупной личности. Смотрите, кого рекомендовали на пост президента АН СССР Сталин, Хрущев, Брежнев и Горбачев. Это Сергей Иванович Вавилов, это Александр Николаевич Несмеянов, Мстислав Всеволодович Келдыш, Анатолий Петрович Александров, Гурий Иванович Марчук. Помимо того что это были выдающиеся ученые, они были государственными деятелями, обладающими широчайшим кругозором. Науке нужны лидеры большого масштаба. Их всегда не хватает. А я пока вижу снижение потенциала руководителей академии.

— Сейчас Академии наук законодательно вписали в обязанность быть главным экспертом в стране.

— В обязанность вписали, но пока у нее это не получается. Более того, даже в более тучные времена это не всегда получалось. В нашей истории наряду с решающим вкладом ученых России в разработку авиации, ракетной техники, атомной техники, в разработку аграрных проблем и проблем здравоохранения были случаи, когда ученые, обладающие особым влиянием на процессы принятия решений государственного масштаба, не только решали проблемы, но и причиняли огромный вред. Даже если оставить за скобками разгром генетики и кибернетики по инициативе и с участием некоторых ученых в конце сороковых годов, можно привести немало примеров порочных решений, имевших тяжелые последствия.

Так, наши предшественники «пробили» проект преобразования Волги, по которому эту реку в пятидесятые-шестидесятые годы перегородили плотинами ради получения электроэнергии на гидростанциях, что вылилось в тяжелый экологический кризис Волжского бассейна. Сотни тысяч людей, живших в прибрежных городах и селах, были переселены. Мы потеряли огромные и уникальные рыбные ресурсы, которые многократно перекрывали значимость электроэнергии на построенных гидростанциях.

В шестидесятые-восемидесятые годы огромные ресурсы были затрачены на так называемую МГД-энергетику, хотя с самого начала многие специалисты понимали бесперспективность этого направления, но их голос «заглушили». На Западе это направление было быстро закрыто. Но особое упорство проявляли некоторые влиятельные ученые АН СССР. А к концу восьмидесятых вздорность этого направления энергетики стала ясна практически всем. В результате мы потеряли время, ресурсы и прозевали газотурбинную революцию.

Примерно в эти же годы академик Сергей Алексеевич Христианович предложил электростанции на основе парогазового цикла, но сторонники МГД-энергетики его остановили. А сейчас электростанции на базе парогазового цикла с современными высокотемпературными газовыми турбинами мощностью до 500 мегаватт повышают эффективность электроэнергетики до сорока процентов. Такие газовые турбины используют высочайшие технологии, которыми мы не владеем. Мы можем только собирать газовые турбины из деталей, купленных у General Electric и Siemens. При этом газотурбинная наука, лидером которой у нас является академик Олег Николаевич Фаворский, в России практически не финансируется.

Или другой пример. В 2008 году руководители энергетики России разработали амбициозный план ГОЭЛРО-2, в соответствии с которым обещали построить к 2020 году 32 новых блока атомных станций. При этом с самого начала специалисты понимали, что максимум можно построить восемь блоков, а главное, 32 блока не нужны, потому что нет оснований для бурного роста промышленности, а с ним и соответствующего роста потребления электроэнергии. Сейчас уже ясно, что построено будет всего шесть блоков. А Отделение энергетики РАН всегда поддерживало утопические планы или отрешенно молчало.

Теперь пример из современной жизни. Ни одна страна не вкладывает таких огромных ресурсов в проектирование станций, оснащенных реакторами на быстрых нейтронах, как Россия. Идея реакторов на быстрых нейтронах, конечно, красивая и даже романтическая. В них не только выделяется ядерная энергия урана-235, но и производится новое ядерное топливо — плутоний из «негорючего» урана-238. Россия — признанный лидер этого направления. Но реализация «быстрых» реакторов сопряжена с очень серьезными проблемами, которые у нас не обсуждаются. Во-первых, это очень дорого, тем более что урановое топливо на основе урана-235 в разы подешевело и его хватит более чем на сто лет. Поэтому ни одна страна не тратит на разработку «быстрых» реакторов значимые ресурсы. Во-вторых, их коммерческая реализация противоречит ограничениям на распространение ядерного оружия, потому что из полученного в них плутония, по образному выражению специалистов, уже «в гаражах» можно будет делать атомные бомбы. Конечно, вы можете вкладывать туда деньги. Но зачем? Сейчас есть масса других вещей, куда надо вкладывать деньги. А Академия наук молчит.

Я привел несколько примеров, для того чтобы показать: прежде чем тратить ресурсы на масштабные проекты, их необходимо подвергать тщательной, открытой и правильно организованной экспертизе с активным участием президиума и отделений РАН. И здесь решающее слово должно быть за наукой. Экспертная



деятельность для выявления ключевых проблем развития отечественных технологий, социально-экономического и гуманитарного развития, организации их острых обсуждений специалистами из разных учреждений у нас не активизирована.

Больше, чем РАН

— Вы часто выступаете по экономическим вопросам. В чем суть вашей позиции?

— Сегодня мы попали в замкнутый круг: все, включая руководителей правительства, неустанно говорят о необходимости инвестиций. Сейчас инвестиции составляют 17 процентов ВВП (в Китае — 44 процента ВВП, в мире в среднем 25 процентов). Для реального экономического роста нам необходимо добавить в инвестиции десять процентов ВВП. Но нет никаких предпосылок для того, чтобы инвестиции у нас выросли, потому что их рост обуславливается только платежеспособным спросом (на внутреннем и внешнем рынках) на продукцию, который на внутреннем рынке определяется оплатой труда и доходами основной части населения. А оплата труда у нас аномально занижена. Потенциальный инвестор, прежде чем вкладывать в производство, оценивает, кто купит товары, произведенные за счет планируемых инвестиций. У нас более половины населения получает меньше двадцати тысяч рублей в месяц, и только семь процентов трудящихся — более 70 тысяч. А пенсионные выплаты у нас составляют восемь процентов ВВП, тогда как в Европе — 12–14 процентов. Что наш народ купит? Какой может быть экономический рост в этих условиях? И кому он нужен? Даже если вы чего-то произведете больше, кто это купит?

Поэтому платежеспособный спрос народа — главный двигатель экономики. Творец немецкого экономического чуда в послевоенной Германии Людвиг Эрхард сказал: «Платежеспособный спрос должен умеренно опережать производственные возможности».

Сюда же примыкает еще одна проблема — соотношение цен. У нас цены на топливо и электроэнергию в разы завышены по отношению к ценам на «народные» товары (хлеб, молоко, мясо, транспорт, жилье, коммунальные расходы и так далее). Это убивает народную экономику.

Когда в экономике происходит кризис, правительство должно думать не о сокращении госбюджетных расходов, а об увеличении покупательского спроса. В том числе за счет госбюджета.

В России большим количеством денег обладают экстремально богатые люди, а они не увеличивают покупательский спрос. Это не значит, что у богатых надо все отобрать, — ни в коем случае. Надо умеренную часть доходов очень богатых перевести в доходы бедных, чтобы они оплачивали потребление «народных» товаров (ныне недофинансируемых) по сбалансированным ценам. Начать надо с налога на сверхбогатство и сверхвысокие доходы, а в последующем шаг за шагом вводить прогрессивную налоговую шкалу, как во всех европейских странах.

— В своих выступлениях вы неоднократно затрагивали гуманитарные проблемы современной России. Какие из них вы бы выделили на настоящий момент?

— Сейчас в Башкортостане, Татарстане и других республиках обсуждается проблема изучения языков в национальных республиках. Градус такого обсуждения вырос после заявления президента Путина о недопустимости принудительного изучения языков, не являющихся родными. Это заявление справедливо, потому что нельзя и, более того, бессмысленно заставлять учить школьников язык национальной республики против воли их родителей. Но проблема в другом. Все больше детей башкир, татар и других нерусских этносов не изучают свои языки. Их родители боятся, что изучение своих языков пойдет в ущерб знанию русского языка и их дети получат низкие баллы ЕГЭ, что уменьшит их шансы при поступлении в вуз. На ряде форумов в Башкортостане и Татарстане я предлагал ввести русско-башкирский, русско-татарский и другие аналогичные ЕГЭ для выпускников национальных школ, где школьники изучают два родных языка. Но эта идея почему-то не обсуждается и не получила развития.

Следует иметь в виду, что наше государство, в том числе его федеральная ветвь, помимо обеспечения свободы в изучении российских языков должно обеспечивать не только их сохранение, но и развитие. Сила России в том, что у нас много языков, и Россия должна беречь свое многоязычие. Нельзя, чтобы какой-то язык потерялся. Не нужно думать, что, если народ забудет свой родной язык, он ассимилируется и это снимет межэтнические проблемы и гармонизирует их. Для межэтнической гармонии необходимо межэтническое сочувствие. Эта гуманитарная проблема отдана чиновникам, депутатам и общественным организациям. А голос российских академиков и специалистов в соответствующих региональных центрах РАН не прозвучал.

В заключение хочу подчеркнуть главное, что должны осознать ученые России, в частности Российской академии наук. Мы должны играть не пассивную, а активную и наступательную роль в определении экономического, социального, технологического и гуманитарного курсов страны. Мы оставляем руководителя государства без научного напора. А напор должен быть. Будущее российской науки определяют напор и личность ее лидеров. Без этого Российская академия наук теряет перспективу.

## Литература

1. Материал сайта Российской академии наук [Электронный ресурс] // URL: <http://www.ras.ru/> (доступ: 24.06.2020)
2. Сайт ИО РАН «Океан - диктатор климата» [Электронный ресурс] // URL: <https://ocean.ru/> (доступ: 24.06.2020)
3. Журнал «Эксперт» №34 (1085) 20 августа 2018 года. [Электронный ресурс] // URL: <https://expert.ru/> (доступ: 24.06.2020)

## Reference

1. Material of the site of the Russian Academy of Sciences [Electronic resource] // URL: <http://www.ras.ru/> (accessed: 06.24.2020)

2. Site of IO RAS “Ocean - Climate Dictator” [Electronic resource] // URL: <https://ocean.ru/> (accessed: 06/24/2020)
3. Expert Magazine No. 34 (1085) on August 20, 2018. [Electronic resource] // URL: <https://expert.ru/> (accessed: 06/24/2020)

## **Academician of the Russian Academy of Sciences Robert Iskanderovich Nigmatulin - a life path in science (on the occasion of the 80th anniversary)**

A.M. Zalikhanov

Faculty of Geography, Moscow State University Lomonosov Moscow, Russia

E-mail: [bulungu@yandex.ru](mailto:bulungu@yandex.ru)

**Abstract.** The article provides an overview of publications dedicated to the 80th anniversary of the scientific adviser of the IO RAS, professor, academician of the RAS R.I. Nigmatulin.

**Keywords:** personalities, RAS, Moscow State University, anniversary, mathematics, mechanics, oceanology