



Российский
центр научной
информации

Вестник Российского фонда фундаментальных исследований

№ 4 (128) сентябрь–декабрь 2025 года

Основан в 1994 году

Зарегистрирован Комитетом РФ по печати, рег. № 012620 от 03.06.1994

Сетевая версия зарегистрирована Роскомнадзором, рег. № ФС77-61404 от 10.04.2015

Учредитель

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Российский фонд фундаментальных исследований»

Главный редактор В.Я. Панченко,
заместители главного редактора В.В. Квардаков и В.Н. Фридлянов

Редакционная коллегия:

В.П. Анаников, В.Б. Бетелин, К.Е. Дегтярев, И.Л. Еременко,
П.К. Кашкаров, В.П. Матвеев, А.С. Сигов,
В.А. Ткачук, Р.В. Петров, Д.Р. Хохлов

Редакция:

Е.Б. Дубкова, И.А. Мосичева

Адрес редакции:

119334, г. Москва, Ленинский проспект, 32а

Тел.: (499) 995-16-05

e-mail: pressa@rcsi.science



Russian Centre
for Scientific
Information

Russian Foundation for Basic Research Journal

N 4 (128) September–December 2025

Founded in 1994

Registered by the Committee of the Russian Federation for Printed Media, 012620 of 03.06.1994 (print)

Registered by the Roskomnadzor FS77-61404 of 10.04.2015 (online)

The Founder

Federal State Institution

“Russian Foundation for Basic Research”

Editor-in-Chief V. Panchenko,

Deputy chief editors V. Kvardakov and V. Fridlyanov

Editorial Board:

V. Ananikov, V. Betelin, K. Degtyarev, I. Eremenko,

P. Kashkarov, V. Matveenko, A. Sigov,

V. Tkachuk, R. Petrov, D. Khokhlov

Editorial staff:

E. Dubkova, I. Mosicheva

Editorial address:

32a, Leninskiy Ave., Moscow, 119334, Russia

Tel.: (499) 995-16-05

e-mail: pressa@rcsi.science

«Вестник РФФИ»

№ 4 (128) сентябрь–декабрь 2025 года

КОЛОНКА ТЕМАТИЧЕСКОГО РЕДАКТОРА

О редакторе тематического блока члене-корреспонденте РАН В.В. Жмуре	6
Приветствие	7
<i>В.В. Жмур</i>	
О редакторе тематического блока А.В. Усольцеве	13
Предисловие	14
<i>А.В. Усольцев</i>	

ТЕМАТИЧЕСКИЙ БЛОК: БРИКС – ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

Приоритеты эко-инновационного развития стран-членов БРИКС	24
<i>Е.Л. Давыденко</i>	
Экологические аспекты устойчивого развития в странах БРИКС	29
<i>Э.Р. Мамадалиева</i>	
Охрана окружающей среды и обеспечение экологической безопасности: цивилизационные и национальные аспекты	38
<i>В.И. Мунтиян</i>	
Экологические характеристики условий жизни населения в странах БРИКС-9	49
<i>С.Н. Найденов, Ю.В. Криводубова</i>	
Экологическая устойчивость в странах БРИКС	57
<i>Д.Х. Мухсимова</i>	
Финансовое обеспечение экологического развития и сотрудничества стран БРИКС	62
<i>Н.П. Молчанова</i>	
Генезис Центральной Азии в мировом и макрорегиональном измерениях: поиск равновесной точки между экономикой, экологией и политикой	69
<i>С.А. Кожемяков</i>	
Интеграция Узбекистана в экономическое пространство БРИКС: оценка потенциала и возможностей	79
<i>Э.Т. Якубова</i>	
Сотрудничество России и Индии в решении экологических проблем в сельском хозяйстве: современное состояние и перспективные направления	84
<i>И.В. Дерюгина</i>	
Коммерциализация интеллектуальных разработок в области экологической безопасности через сотрудничество с финансовыми учреждениями, инвестиционными компаниями и фондами в Индии	94
<i>Г.М. Голобокова</i>	
Современные математические и экспертные методы управления экологической безопасностью	101
<i>А.И. Орлов</i>	
Фундаментальные исследования и разработка ключевых материалов в новых высокоэффективных щелочных мембранных топливных элементах	107
<i>Буланова А.В., Шафигулин Р.В., Богдановская В.А., Виноградов К.Ю., Андреев В.Н., Токранова Е.О., Корчагин О.В., Востриков С.В.</i>	

“RFBR Journal”

N 4 (128) September–December 2025

THEMED ISSUE EDITOR’S COLUMN

On the editor of the thematic block, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences V.V. Zhmur	7
Greeting	10
V.V. Zhmur	
About the editor of the thematic block A.V. Usoltsev	13
Preface	19
A.V. Usoltsev	

THEMED SECTION: BRICS – ENVIRONMENTAL ISSUES

Priorities of eco-innovation development in BRICS member countries	24
E.L. Davydenko	
Environmental aspects of sustainable development in the BRICS countries	29
E.R. Mamadalieva	
Environmental protection and ensuring ecological safety: civilizational paradigm	38
V.I. Muntiyev	
Environmental characteristics of living conditions of the population in BRICS-9 countries	49
S.N. Naiden, Yu.V. Krivodubova	
Environmental Sustainability in BRICS Countries	57
D.Kh. Mukhsimova	
Financial Support for Environmental Development and Cooperation of the BRICS Countries	62
N.P. Molchanova	
The genesis of Central Asia within the context of global and macro-regional dynamics: a quest for a harmonious balance between economic, ecological, and political factors	69
S.A. Kozhemyakov	
Uzbekistan’s integration into the BRICS economic space in the context of sustainable water development	79
E.T. Yakybova	
Cooperation between Russia and India in the field of agricultural ecology: current state and promising areas	84
I.V. Deryugina	
Intellectual Property as a Vehicle for Environmental Investment in India	94
G.M. Golobokova	
Modern mathematical and expert methods of environmental safety management	101
A.I. Orlov	
Fundamental Research and Development of Key Materials in New High-Performance Alkaline Membrane Fuel Cells	107
A.V. Bulanov, R.V. Shafigulin, V.A. Bogdanovskaya, K.Yu. Vinogradov, V.N. Andreev, E.O. Tokranova, O.V. Korchagin, S.V. Vostrikov	

О редакторе тематического блока члене-корреспонденте РАН Жмуре В.В.



Владимир Владимирович Жмур – советский и российский физик, специалист в области физики моря.

- *Защитил докторскую диссертацию на тему: «Динамика мезомасштабных океанских вихрей» в 1993 году.*
- *Defended his doctoral dissertation on the topic: “Dynamics of mesoscale ocean eddies” in 1993.*
- *Звание профессора получил в 1995 году.*
- *He received the title of professor in 1995.*
- *В 2019 году был избран членом-корреспондентом РАН.*
- *In 2019 he was elected as a Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences.*
- *В настоящее время главный научный сотрудник, зав. лабораторий морских течений ИОРАН.*
- *Currently, chief researcher, head of the marine currents laboratory of the Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences.*
- *Благодарность Президента Российской Федерации получена (2024 год).*
- *Gratitude from the President of the Russian Federation received (2024).*

Владимир Владимирович Жмур – специалист в области физики моря.

Основные направления исследований: нелинейные взаимодействия волн Россби, теория мезомасштабных вихрей океана, рассеяние внутренних волн на ансамбле неоднородностей гидрофизических полей, индуцированные электромагнитные поля океана гидродинамического происхождения.

Им и его учениками разработана теория однородных трёхмерных эллипсоидальных вихрей океана. Теория описывает поведение вихрей в покоящемся океане, в фоновых потоках и обобщает аналогичные задачи двумерной гидродинамики (такие как вихри Кирхгофа, Чаплыгина)

на случай трёхмерных вихрей геофизической гидродинамики. Ряд задач не имеет аналогов в двумерной гидродинамике.

Им изучались условия выживания вихрей к их растяжению фоновыми неоднородными потоками. Предложена модель, описывающая ансамбль взаимодействующих вихрей.

В последнее десятилетие основное направление исследований – придонные взвесенесущие течения

Автор более 170 научных работ, одной монографии и 10 авторских свидетельств и патентов.

He and his students developed a theory of homogeneous three-dimensional ellipsoidal ocean eddies. The theory describes the behavior of eddies in a calm

He is the author of over 170 scientific papers, one monograph, and 10 copyright certificates and patents.

Организаторами мероприятия стали Международный институт энергетической политики и дипломатии МГИМО МИД России, Университет мировых цивилизаций имени В.В. Жириновского, Российский союз научных и инженерных общественных объединений, Фонд «Достояние России», РЦНИ и ряд других научных организаций.

Welcome Address

Vladimir Vladimirovich Zhmur

Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences

Dear READERS!

We offer you the latest issue of the “Bulletin of the Russian Foundation for Basic Research” journal, prepared by the Russian Centre for Science Information (RCSI), and dedicated to the research of Russian and foreign scientists from the BRICS countries on a topic as relevant today as ecology.

It should be noted that scientific and technical cooperation within the BRICS member countries is one of the elements of scientific diplomacy implemented and developing over the years under the leadership of Academician of the Russian Academy of Sciences V.Ya. Panchenko.

Cooperation within the framework of this Association is currently one of the main vectors of our country's foreign policy.

This issue of the “Bulletin of the Russian Foundation for Basic Research” presents articles on environmental issues, including those reported by participants of the International Forum “BRICS Countries: Environmental Aspects of Development and Cooperation”, held in June 2025 in Moscow.

The event was organized by the MGIMO International Institute of Energy Policy and Diplomacy of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation, the Zhirinovskiy University of World Civilizations, the Russian Union of Scientific and Engineering Public Associations, the Heritage of Russia Foundation, the Russian Centre for Science Information (RCSI) and a number of other educational and scientific institutions.

Since 2016, our Centre has been actively involved in the process of scientific and technological cooperation among the BRICS countries and serves now as the Secretariat for the BRICS Framework Programme in Science, Technology and Innovation.

The BRICS countries are addressing a wide range of contemporary challenges, including climate change, deforestation, desertification, biodiversity loss, severe scarcity of natural resources, and environmental pollution.

These problems can only be solved through the joint efforts of scientists from various countries. BRICS can and is to become a sort of “locomotive” for the necessary changes in the environmental development of its member countries.

The current issue of the “RFBR Bulletin” contains articles on such acute issues as: the priority tasks of science and education in the field of environmental development within the BRICS countries; the mechanisms for implementing environmental cooperation among the BRICS countries; the prospects for implementing the BRICS+ Environmental Platform MEGA-project; the legal, financial, economic, scientific, informational, and HR support for environmental cooperation

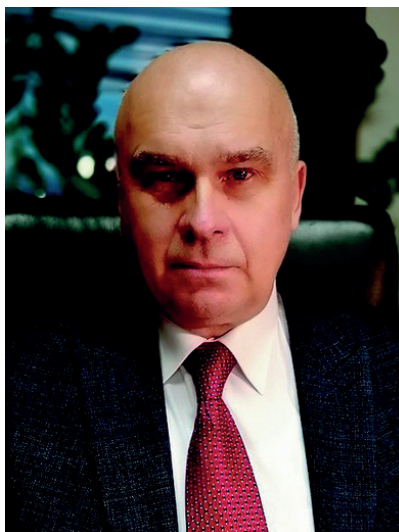
among the BRICS countries, other relevant and acute issues.

Davydzenko A.L. "Priorities of eco-innovation development in BRICS member countries". The article examines the theoretical aspects and promising areas of eco-innovative development of the BRICS member countries. It is noted that the modern paradigm of eco-innovations is formed at the junction of several theoretical directions, integrating the achievements of ecological economics, innovative management and the theory of sustainable development. Promising areas of eco-innovative development of the BRICS countries are highlighted, including the creation and implementation of technological innovations, the "green" transformation of economies, and the formation of platforms for cooperation and exchange of experience. The experience of developing the eco-innovation sector of the Republic of Belarus is analyzed, including taking into account international cooperation within the framework of the EAEU.

Golobokova G.M. "Intellectual Property as a Vehicle for Environmental Investment in India". The study is devoted to the current problem of using mechanisms for commercialization of intellectual property in the field of environmental safety in India. The work analyzes the environmental situation and identifies environmental problems that require funding from various sources to solve. The authors conducted a search and analysis of such sources and proved that the most significant at present is the use of intellectual developments for investing in various environmental technologies in India. The paper concludes that the success of commercialization of green smart technologies in India has been achieved through strategic collaboration with financial institutions, investment funds and innovation centers.

A great contribution to the organizational and expert support of activities in the field of scientific and technical cooperation of the BRICS countries is made by the Office of International Relations of the RCSI (head of the Office – A.V. Usoltsev).

О редакторе тематического блока Усольцеве А.В.



Александр Вадимович Усольцев – Начальник управления международных связей Российского центра научной информации (РЦНИ).

- *Ленинградская техническая академия (факультет систем управления и связи)*
- *Moscow State University (faculty of international affairs)*
- *Получил ученую степень кандидата экономических наук в Институте США и Канады РАН*
- *Ph. D of Economic Sc.*
- *International Relations Department Head, Russian Centre for Science Information*

До поступления на работу в РФФИ в 2017 году, занимал должности заместителя директора департамента международного сотрудничества и директора департамента международного сотрудничества Госкорпорации «Росатом». Был советником Генерального директора Госкорпорации. Занимал должности на дипломатической службе: советника Российской

миссии в Вене и первого секретаря в Постоянном представительстве России в Брюсселе. А.В. Усольцев участвовал в качестве члена и руководителя российских делегаций в межправительственных переговорах по целому ряду соглашений.

Его управление в РЦНИ отвечает за международное сотрудничество и поддержку международных проектов, в первую очередь БРИКС. В 2022 году РФФИ было преобразовано в РЦНИ. Главной задачей на международном треке стала Научная дипломатия и популяризация научной деятельности России.

About the editor of the thematic section A.V. Usoltsev

Before his appointment in 2017 to the Russian Foundation for Basic

Research, (since 2022 Russian Centre for Science Information, RCSI, RAS), Alexander served as International Cooperation

He was at the Foreign Service and has served in several career tracks. His assignments included: Counselor at the Russian mission in Vienna, Austria, and The First Secretary at the Russian Embassy in Brussels, Belgium (science cooperation).

His Department is responsible for international cooperation and for support of Russian scientific programs. Since 2022 RFBR was transformed to RCSI. Main goal of the organization became Science Diplomacy and science information promotion.

Усольцев А.В.

Создан форум по обсуждению водных ресурсов и борьбы с их загрязнением. Безусловно, в том или ином виде экологическая тематика затрагивается и среди тем заседаний иных рабочих групп БРИКС, например в работе профильных групп по возобновляемым источникам энергии или спутникового мониторинга Земли.

Помимо вышеупомянутых приоритетных научных областей сотрудничества в странах БРИКС, которые, как правило, выступают в качестве конкурсных направлений РП НТИ, в 2023 году был организован специальный конкурс по четырем направлениям в области исследований глобального изменения климата.

По итогам конкурса «Адаптация к изменению климата и смягчение его последствий» поддержано 19 проектов. Всего же по итогам конкурсов РП НТИ БРИКС по экологической тематике поддержано свыше 40 проектов. В планах в рамках Инновационного конкурса Рабочей программы и будущего седьмого конкурса исследовательских проектов – предоставление возможности подачи желающим заявок по экологической проблематике.

На *рис. 1.* приведены примеры основных тематических направлений исследовательских проектов,

Представленный номер журнала «Вестник РФФИ» посвящен вопросам экологии. Следует отметить, что данная тематика входит в приоритетные направления научно-технического сотрудничества стран Объединения. Так, наиболее активно она представлена в деятельности двух Рабочих групп: по сотрудничеству в океанической и полярной зонах

тематические направления проекты	Pilot Call 2016		2nd Call 2017		3rd Call 2019		Итого	
	подано	Поддержано	подано	Поддержано	подано	Поддержано	подано	Поддержано
Астрономия*	11	3	-	-	13	2	24	5
Биотехнология и биомедицина, включая охрану здоровья человека и нейронауки	62	5	108	6	33	2	233	13
Геопространственные технологии и их применение	20	2	-	-	4	2	24	4
Информационные технологии и высокопроизводительные вычисления	19	2	33	3	17	3	69	8
Материаловедение, в том числе нанотехнологии*	63	6	134	11	122	12	319	29
Новая и возобновляемая энергетика, энергоэффективность	52	2	73	6	45	3	170	11
Изучение Мирового океана и полярные исследования и технологии	19	1	-	-	7	2	26	3
Фотоника*	12	3	-	-	17	3	29	6
Предупреждение и ликвидация природных катастроф	24	1	46	2	32	2	102	5
Водные ресурсы и борьба с их загрязнением	38	1	68	4	37	3	143	8
Аэронавтика	-	-	-	-	3	1	3	1

Рис. 1. Примеры тематических направлений и количества проектов при реализации РП НТИ БРИКС в 2016–2019 гг.

которые осуществлялись в рамках Программы в 2016–2019 гг.

История создания Рамочной программы БРИКС в сфере науки, технологий и инноваций и ее первые шаги

Первые практические мероприятия в этом направлении были предприняты в 2015 году, когда 6–7 июля в Москве в рамках председательства России в БРИКС прошла встреча представителей финансирующих науку организаций стран тогда еще «пятерки».

В ходе встречи стороны согласовали основные принципы организации и действия будущего механизма поддержки совместных исследований и наметили конкретные шаги по его воплощению. По результатам достигнутых на встрече договоренностей Национальный совет по научно-техническому и инновационному сотрудничеству в рамках БРИКС создал экспертную Рабочую группу (РГ) по проработке архитектуры и проекта уставных документов будущей Программы поддержки исследований в многостороннем формате БРИКС. Ее координатором был назначен Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ).

По итогам проделанной работы 27 октября 2015 года на встрече министров науки, технологий и инноваций стран БРИКС в Москве было одобрено создание этой Программы.

В январе 2016 года в Пекине под председательством России состоялось организационное заседание РГ БРИКС по финансированию НТИ (рис. 2). В ходе встречи были согласованы основные положения по проведению многосторонних конкурсов проектов как инструмента реализации Рамочной программы НТИ БРИКС. Функции конкурсного секретариата создаваемой Программы были закреплены за Россией, от лица России выполнять функции секретариата поручили РФФИ.

Одной из основных особенностей Программы стал многосторонний подход к поддержке исследований, что означало совместную реализацию отдельных проектов участниками не менее чем из трех стран БРИКС. Это не только позволило избежать дублирования реализовавшихся двусторонних программ сотрудничества между отдельными странами Объединения, но и стимулировать решение значимых проблем через глобальный подход.

Подготовка к запуску пилотного конкурса исследовательских проектов БРИКС была завершена в кратчайшие сроки: уже в мае 2016 года был объявлен первый конкурс многосторонних научно-технологических и инновационных проектов БРИКС по десяти научным направлениям, обозначенным в качестве приоритетных в Московской и Бразильской декларациях по научно-техническому сотрудничеству БРИКС.

Организаторами первого конкурса Рамочной программы НТИ БРИКС выступили восемь финансирующих научные исследования организаций из пяти стран Объединения. Россия была представлена тремя организациями: Минобрнауки России, РФФИ и Фондом содействия инновациям. Таким образом, с момента первой встречи финансирующих науку организаций стран БРИКС в Москве и фактическим



запуском первого конкурса исследовательских проектов прошло менее года.

В Центре создана специальная рабочая группа по выполнению функций секретариата РП БРИКС. За это время РЦНИ организован стабильный механизм поддержки многосторонних исследований, проводимых учеными стран-участниц БРИКС. Проведено шесть конкурсов исследовательских проектов. Поддержано 157 многосторонних проектов (из них 116 – с российским участием). Запущен информационный портал РП БРИКС (<http://brics-sti.org>), телеграмм-канал (https://t.me/brics_sti) и создана информационная система подачи заявок на конкурсы РП НТИ БРИКС – BRICS AMS.

Необходимо отметить, что РФФИ (РЦНИ) стоял у истоков создания РП БРИКС и принимал участие в ее развитии не только в качестве координатора инициативы, но и в качестве финансирующей организации. Так, РФФИ (РЦНИ) оказывал финансовую поддержку проектам БРИКС, отобраным по итогам первых четырех конкурсов Рамочной программы.

Всего РФФИ (РЦНИ) профинансировал 69 проектов, что превышает совокупное количество проектов, поддержанных иными российскими финансирующими организациями, которые участвовали в конкурсах РП БРИКС.

В связи с тем, что РФФИ был реорганизован и более не предоставляет, начиная с 2021 года, грантовую поддержку новым проектам, РЦНИ участвует в деятельности РП БРИКС только в качестве секретариата конкурсов.

РЦНИ продолжает осуществлять деятельность координатора Рабочей группы БРИКС по финансированию НТИ

и координатора конкурсной деятельности Рамочной программы БРИКС в сфере науки, технологий и инноваций.

Ежегодно Центр проводит целый ряд встреч Рабочей группы БРИКС по финансированию НТИ в формате видеоконференций для обсуждения текущих вопросов, организует иные тематические мероприятия. Представители РЦНИ участвуют в заседаниях научных рабочих групп БРИКС, управляющего комитета НТИ БРИКС, Национального совета НТИ БРИКС, встречах старших должностных лиц и министров по науке стран БРИКС.

О научных мероприятиях в год председательства России в БРИКС

В 2024 году РЦНИ организовал и принял участие в целом ряде мероприятий, охватывающих широкий круг вопросов, которыми занимается научное сообщество стран БРИКС.

В феврале 2024 года в Российском университете дружбы народов состоялась встреча представителей дипломатических миссий из стран БРИКС в расширенном составе: среди участников были сотрудники посольств не только Бразилии, Индии и Китая, но и Египта, Ирана, ОАЭ, Эфиопии. На ней РЦНИ представил доклад о деятельности РП НТИ



Рис. 3. Национальное распределение участников поддержанных проектов по конкурсам БРИКС.

БРИКС, а также участия в ней новых стран-членов БРИКС.

В марте 2024 года состоялось первое заседание Управляющего комитета по науке, технологиям и инновациям стран БРИКС в расширенном составе – с участием представителей новых стран-членов Объединения. Отдельное внимание было уделено РП НТИ БРИКС, о которой представитель РЦНИ доложил на мероприятии.

В мае того же года на площадке НИУ ВШЭ прошел круглый стол «Новые горизонты научно-технологической кооперации стран БРИКС глазами молодых ученых», в котором приняли участие более 30 экспертов. На мероприятии был представлен доклад РЦНИ о развитии РП НТИ БРИКС.

Также в мае в Москве прошла встреча глав академий наук стран Объединения. В ней приняли участие представители Бразилии, Египта, Индии, Ирана, Китая, России, Эфиопии и ЮАР. На полях встречи проходили мероприятия на площадках Президиума РАН и Дома ученых им. А.П. Александрова – НИЦ «Курчатовский институт». Был организован круглый стол, посвященный вопросам научной дипломатии в современ-

ных условиях. На этом мероприятии РЦНИ доложил о своем вкладе в научную дипломатию стран БРИКС.

В июне 2024 года в Москве прошла II Международная научно-практическая конференция «БРИКС: стратегии развития и механизмы сотрудничества в современном мире», в рамках которой РЦНИ представил доклад о научной дипломатии стран БРИКС.

На площадке Сколтеха состоялась двухдневная встреча Рабочей группы БРИКС по нейронауке, биотехнологиям, биомедицине и здоровью человека. На мероприятии со стороны РЦНИ было рассказано о результатах деятельности РП НТИ БРИКС и о дальнейших планах ее развития.

В июле в Кемерово состоялось заседание Комитета старших должностных лиц БРИКС по энергетике, на котором от РЦНИ был представлен доклад о поддержке научно-технологических проектов БРИКС в области энергетики под эгидой РП НТИ БРИКС и о дальнейших перспективах поддержки прорывных исследований в области энергетики стран БРИКС, в том числе через подключение к Программе новых организаций из стран Объединения, финансирующих исследования в сфере энергетики.

В Мурманске прошло заседание рабочей группы БРИКС по океанологии, полярным наукам и технологиям. В мероприятии приняли участие более 50 ученых, занимающихся научно-исследовательскими проектами в области океанических и полярных наук, из Индии, Ирана, Китая, России, Бразилии, ОАЭ и ЮАР, в том числе представители РЦНИ. Отдельно на заседании обсудили итоги начала работы по созданию научного центра БРИКС на архипелаге Шпицберген в 2024 году.

В августе на Международном форуме «Технопром – 2024» в Новосибирске прошел круглый стол «Партнеры по научно-технологическому развитию: опыт сотрудничества со странами БРИКС и СНГ», организованный РЦНИ.

Формат проведения конкурсов НТИ проектов РП БРИКС

Нормативно-правовая база в странах БРИКС в области грантового финансирования исследований различается. Поэтому перед секретариатом РП БРИКС стояла задача создать универсальный инструмент поддержки проектов, который бы соответствовал нормативно-правовой базе всех участников Рамочной программы. Многосторонний характер поддерживаемых исследований подразумевал обязательную координацию и синхронизацию действий между всеми участниками процесса как на стадии проведения конкурсных процедур, так и на стадии реализации поддержанных проектов.

После консультаций со всеми участниками РП БРИКС РФФИ (РЦНИ) был предложен следующий формат проведения конкурса:

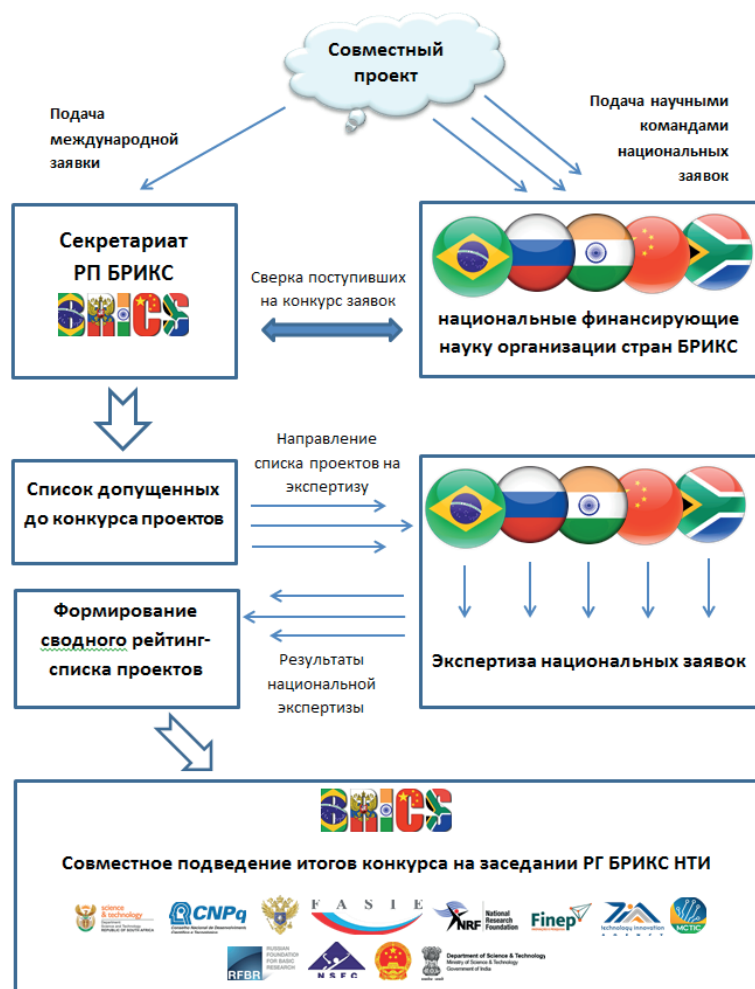


Рис. 4. Формат проведения конкурсов НТИ проектов РП БРИКС.

1. Секретариат РП БРИКС (РФФИ) объявляет конкурс проектов Рамочной программы БРИКС в сфере НТИ. Объявление описывает основные условия проведения конкурса (тематику, общие требования к проектам, общие правила подачи проектов) и дает краткую информацию о поддержке проектов каждым участником РП БРИКС (национальными финансирующими науку организациями: фондами, министерствами, агентствами).

2. Параллельно каждый участник РП БРИКС публикует собственные объявления о конкурсе, в которых подробно описывает требования, предъявляемые к национальным участникам, обращающимся за поддержкой в данную организацию.

3. Исследователи из стран БРИКС создают консорциум по проекту, в который должны входить представители не менее трех стран, и представляют проект на конкурс. Общая заявка подается в секретариат РП БРИКС – в специально созданную систему электронной подачи заявок. Дополнительно каждый участник консорциума подает национальную заявку в соответствующую национальную организацию-участницу РП БРИКС.

4. По завершении этапа подачи заявок секретариатом проводится проверка заявок и составление списка допущенных до конкурса проектов.

5. Допущенные до конкурса заявки направляются на национальную экспертизу, которая проводится участниками РП БРИКС.

6. По завершении экспертизы секретариат сводит результаты национальных экспертиз и в ходе очной встречи стороны принимают совместное согласованное решение о списке поддержанных проектов (рис. 4).

тематические направления	проекты	Pilot Call 2016		2nd Call 2017		3rd Call 2019		Итого	
		подано	Поддержано	подано	Поддержано	подано	Поддержано	подано	Поддержано
Астрономия*		11	3	-	-	13	2	24	5
Биотехнология и биомедицина, включая охрану здоровья человека и нейронауки		62	5	108	6	33	2	233	13
Геопространственные технологии и их применение		20	2	-	-	4	2	24	4
Информационные технологии и высокопроизводительные вычисления		19	2	33	3	17	3	69	8
Материаловедение, в том числе нанотехнологии*		63	6	134	11	122	12	319	29
Новая и возобновляемая энергетика, энергоэффективность		52	2	73	6	45	3	170	11
Изучение Мирового океана и полярные исследования и технологии		19	1	-	-	7	2	26	3
Фотоника*		12	3	-	-	17	3	29	6
Предупреждение и ликвидация природных катастроф		24	1	46	2	32	2	102	5
Водные ресурсы и борьба с их загрязнением		38	1	68	4	37	3	143	8
Аэронавтика		-	-	-	-	3	1	3	1

Fig. 1. Examples of thematic areas and number of projects carried out within the BRICS STI FP in 2016–2019.

Technical and Innovative Cooperation established an expert Working Group (WG) within the framework of the BRICS to work out the architecture and draft statutory documents for the future Research Support Programme in the BRICS multilateral format. The Russian Foundation for Basic Research (RFBR) was appointed as its coordinator.

As a result of the work done, on October 27, 2015, in Moscow, the creation of this Programme was approved at a meeting of the Ministers of Science, Technology and Innovation of the BRICS countries.

In January 2016, an organizational meeting of the BRICS WG on STI Financing was held in Beijing under the chairmanship of Russia (*Refer to Fig. 2*). During the meeting, the main provisions on holding multilateral project calls for proposals as a tool for implementing the BRICS STI Framework Programme were agreed upon. The functions of the Call Secretariat of the Programme being created were assigned to Russia, and the RFBR was assigned to perform the functions of the Secretariat on behalf of Russia.

One of the main features of the Programme is a multilateral approach to research support, which means the joint implementation of individual projects by participants from at least three BRICS countries. This not only made it possible to avoid duplication of the implemented bilateral cooperation programs between individual countries of the Association, but also to find a balanced solution for significant problems through a global approach.

Preparatory works for the launch of the BRICS pilot research call for proposals were completed quite soon: in May 2016, the first BRICS call for proposals on multilateral Scientific, Technological and Innovative projects was announced in ten scientific areas identified



Fig. 2. Participants of the first meeting of the BRICS Working Group on STI Financing. Beijing, China, January 18–19, 2016



Fig. 3. Participants of supported project calls for proposals represented by BRICS countries

as priorities in the Moscow and Brazilian Declarations on the BRICS Scientific and Technical Cooperation.

The organizers of the first call for proposals within the BRICS STI Framework Programme were eight research funding agencies from five countries of the Association. Russia was represented by three organizations: the Russian Ministry of Education and Science, the Russian Foundation for Basic Research and the Foundation for the Promotion of Innovation. Thus, less than a year has passed since the first meeting of the BRICS science funding agencies in Moscow and the actual launch of the first call for proposals on research projects.

Thus, since early 2016, the Russian Foundation for Basic Research (RFBR) (from 2022 – the Russian Centre for Science Information, or RCSI), has served as coordinator of the BRICS Working Group on Financing Science, Technology and Innovation (STI) and coordinator of the BRICS Framework Programme for Science, Technology and Innovation (BRICS STI FP) coordinated by the Russian Ministry of Education and Science.

A special working group has been set up at the Centre in order to perform the functions of the BRICS STI FP Secretariat. During this time, the RCSI elaborated a

stable mechanism to support multilateral research projects conducted by scientists from the BRICS member countries. Six calls for proposals on research projects were held. 157 multilateral projects were supported (116 out of them – with Russian participation). The BRICS STI FP information portal (<http://brics-sti.org>) and telegram channel (https://t.me/brics_sti) have been launched, as well as the BRICS AMS information system for submitting applications for the BRICS STI FP calls for proposals has been created.

It is worth mentioning that the Russian Foundation for Basic Research (RFBR) has been at the origins of the creation of the BRICS STI FP and participated in its development not only as a coordinator of the initiative, but as a financing agency as well. Thus, the RFBR (and the RCSI as its successor) has provided financial support to BRICS projects selected on the basis of the results of the first four calls within the STI Framework Programme.

In total, the RFBR (RCSI) has funded 69 projects, which exceeds the total number of projects supported by other Russian funding agencies participated in the BRICS STI FP calls.

Due to the fact that the RFBR was reorganized and no longer provides grant support for new projects since 2021, the RCSI participates in the activities of the BRICS STI FP only as the Secretariat of the calls for proposals.

The RCSI continues to act as coordinator of the BRICS Working Group on STI Financing and coordinator of the BRICS Framework Programme calls for proposals in the field of Science, Technology and Innovation.

The Centre holds a number of meetings of the BRICS Working Group on STI Financing annually in the format of videoconferences to discuss current issues, and organizes other thematic events. Representatives of the RCSI participate in meetings of the BRICS scientific Working Groups, the BRICS STI Steering Committee, the BRICS STI National Council, meetings of senior officials and Ministers of Science of the BRICS countries.

will in detail describe the requirements for national participants seeking support from a particular support agency.

9. Researchers from the BRICS countries will create a consortium for the project, which should include representatives of at least three countries, and submit the project to the call for proposals. The general application will be submitted to the BRICS STI FP Secretariat, through a specially created electronic application submission system. Additionally, each consortium member will submit a national application to the relevant national organization participating in the BRICS STI FP.

10. Upon completion of the call application stage, the Secretariat will check the applications and draw up a list of projects admitted to the call for proposals.

11. Admitted applications will be sent for a national examination, to be conducted by the participants of the BRICS STI FP.

12. Upon completion of the examination, the Secretariat will summarize the results of the national examinations and, during an in-person meeting, the parties will make a jointly agreed decision on the list of projects to be supported (Refer to Fig. 4).

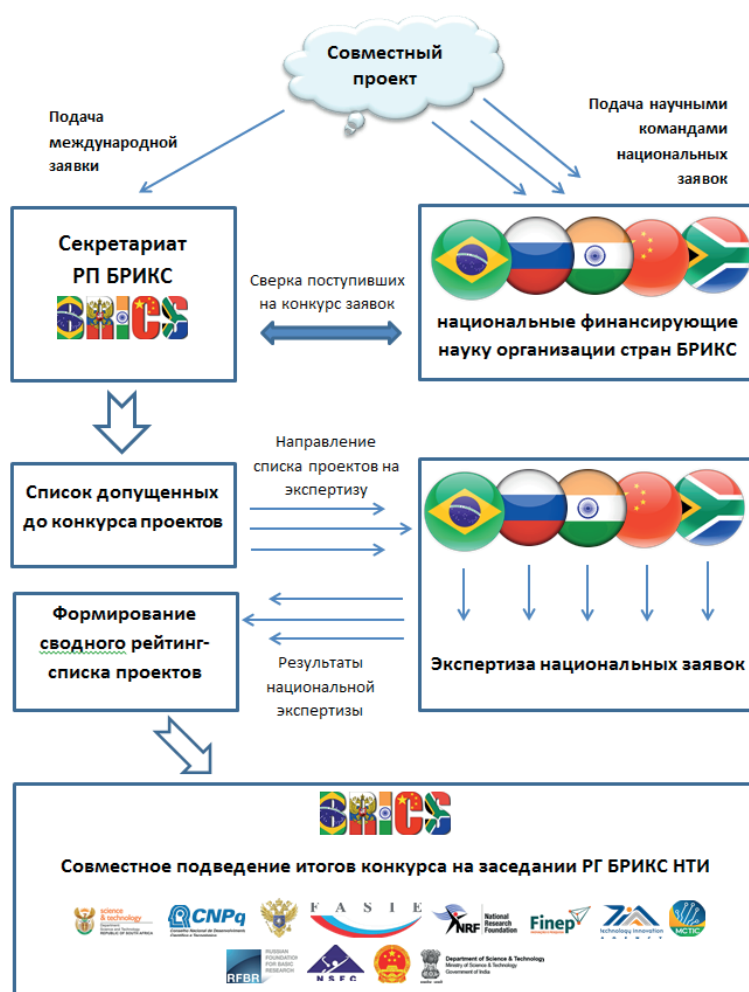


Fig. 4. Format of calls for proposals on BRICS STI FP

Приоритеты эко-инновационного развития стран-членов БРИКС

Е.Л. Давыденко

В статье рассматриваются теоретические аспекты и перспективные направления эко-инновационного развития стран-членов БРИКС. Отмечается, что современная парадигма эко-инноваций формируется на стыке нескольких теоретических направлений, интегрируя достижения экологической экономики, инновационного менеджмента и теории устойчивого развития. Выделяются перспективные направления эко-инновационного развития стран БРИКС, включающие создание и внедрение технологических инноваций, «зеленую» трансформацию экономик, формирование платформ для сотрудничества и обмена опытом. Анализируется опыт развития эко-инновационного сектора Республики Беларусь, в том числе с учетом международного сотрудничества в рамках ЕАЭС.

Ключевые слова: эко-инновации, зеленая экономика, устойчивое развитие, страны БРИКС

В условиях современной глобальной экономики эко-инновации становятся ключевым фактором обеспечения устойчивого развития и повышения международной конкурентоспособности стран. Концепция эко-инноваций, сформировавшаяся на стыке экологической экономики и инновационного менеджмента, прошла значительную эволюцию: от технологических решений, направленных на минимизацию негативных последствий производства, до комплексного подхода, рассматривающего экологические инновации как драйвер системной трансформации социально-экономических структур в направлении устойчивого развития.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью определения ключевых факторов, способствующих эффективному внедрению эко-инноваций в странах-членах БРИКС, изучения опыта развития эко-инновационного сектора Республики Беларусь как страны-партнера этой международной организации для адаптации и применения успешных практик стран к условиям национальных экономик в контексте глобальных трендов декарбонизации, развития циркулярной экономики и ESG-трансформации.

Сам термин «эко-инновации» связан с концепцией устойчивого развития, его формулировка и обоснование относятся ко времени проведения Стокгольмской конференции ООН по проблемам окружающей человека среды 1972 года. Первое использование фразы «устойчивое развитие» можно найти еще до «Всемирной стратегии охраны природы» 1980 года, разработанной МСОП (ныне Международный союз охраны природы), Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и Всемирным фондом дикой природы (WWF).

Значительный вклад в развитие концепции внес доклад Брундтланд, определивший устойчивое развитие как «развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, не ставя под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности» [1]. Это определение неявно принимает идею пределов развития и роста, связанных с текущим состоянием технологий и социальной организации

Современные исследования демонстрируют растущую значимость институциональных факторов в развитии эко-инноваций. По данным Всемирного банка, в 2023 году страны с развитой институциональной средой демонстрировали в среднем на 40% более высокие показатели внедрения эко-инноваций [2]. В связи с этим особое значение приобретает концепция «тройной спирали» Генри Ицковица, обосновывающая инновационное развитие стран и модель трансфера технологий, которая включает государственные институты (нормативно-правовое регулирование), бизнес-структуры (внедрение инновационных решений), научно-исследовательские организации (раз-



ДАВЫДЕНКО

Елена Леонидовна

профессор, д.э.н.,
Белорусский
государственный
университет,
Республика Беларусь

работка технологий). Эффективное взаимодействие трех главных акторов приводит к созданию и коммерциализации инноваций. В настоящее время эта концепция получила дальнейшее развитие и модификацию – «четвертную» и «пятерную» спираль, объединяющую также гражданское общество и экологическую составляющую инноваций.

В контексте современной экономики эко-инновации становятся ключевым фактором обеспечения конкурентоспособности. По данным международных исследований, компании, активно внедряющие эко-инновационные решения, демонстрируют в среднем на 15–20% более высокие показатели рентабельности по сравнению с традиционными предприятиями [3].

Особое значение приобретает процесс интеграции эко-инноваций в глобальные цепочки создания стоимости. Исследования показывают, что внедрение экологических инноваций позволяет компаниям: а) получить доступ к премиальным сегментам рынка; б) снизить транзакционные издержки; в) укрепить позиции в международных производственных сетях; г) повысить устойчивость бизнес-модели к внешним шокам [4].

Для национальных экономик эко-инновации становятся не просто одним из направлений развития, а необходимым условием обеспечения долгосрочной конкурентоспособности и устойчивого роста в условиях глобальных экологических вызовов и усиливающейся международной конкуренции. Это определяет необходимость формирования комплексной политики стимулирования эко-инноваций с учетом специфики национальных экономик и их структурных особенностей.

Эко-инновационное развитие стран-членов БРИКС представляет собой ключевой элемент их сотрудничества, направленный на достижение целей устойчивого развития, борьбу с изменением климата и внедрение передовых технологий. К клю-

чевым аспектам этой деятельности можно отнести создание платформ для сотрудничества и обмена опытом. Международный Муниципальный Форум БРИКС (ММФ БРИКС) является ключевой площадкой для обсуждения экологических инициатив. В 2025 году прошел VII ММФ БРИКС в Санкт-Петербурге, где обсуждалось внедрение экологически чистых технологий и управление ресурсами. На предыдущих форумах подписывались соглашения о переходе на возобновляемую энергетику и отдельную переработку мусора. Фонд поддержки деловых коммуникаций БРИКС Плюс организует мероприятия, посвященные балансу экологии и экономики. В 2023 году на форуме подписано 210 соглашений, включая проекты в сфере природопользования.

Важными направлениями сотрудничества стран БРИКС являются создание и внедрение технологических инноваций и «зеленая» трансформация экономик. Успешные кейсы применения современных технологических решений в одной из стран БРИКС могут найти дальнейшее развитие и использование в других странах. Таким примером может быть цифровизация городской инфраструктуры в Москве с внедрением «цифрового двойника» для прогнозирования развития города, что включает оптимизацию транспортных и энергетических систем. Еще одним направлением сотрудничества является развитие возобновляемой энергетики. Для стран БРИКС будут релевантны различные практики осуществления энергоперехода и развития солнечной, ветряной и водородной энергетики. Например, Китай фокусируется на производстве «зеленого» водорода, Бразилия – на биотопливе и переработке отходов, Россия – на переходе с угля на газ и газогенерацию, ЮАР – на малой гидроэнергетике ветряных ферм и солнечных батареях. Но есть и ключевые позиции, на которых сходятся все страны объединения, а именно: долгосрочное сотрудничество в сфере зеленой повестки и переходного финансирования, поддержка целей устойчивого развития ООН, формирование энергобалансов и собственной энергетики на основе национальных приоритетов. Необходимо отметить, что за 2024 год Китай нарастил объем зеленой энергетики больше, чем весь остальной мир [5]. В 2024 году в мире было введено рекордное количество мощностей на основе возобновляемых источников – более 700 ГВт. Почти две трети из них пришлось на один рынок – Китай. Согласно Глобальному отчету о состоянии возобновляемой энергетики 2025 года, опубликованному международной сетью REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century), Китай добавил 445 ГВт, что составляет 60% всего глобального прироста. Для сравнения, вся Европа ввела 92 ГВт (12%), Северная Америка – 56 ГВт (8%), а Индия – 36 ГВт (5%).

Рост зеленой энергетики Китая обусловлен государственной политикой: субсидиями, налоговыми льготами и квотами для регионов. Эти меры, а также развитая промышленность солнечных панелей и ветротурбин, позволяют Китаю лидировать в энергетическом переходе не только среди стран-членов БРИКС, но и во всем мире.

Следующее направление сотрудничества стран БРИКС – использование эко-инноваций в промышленности, внедрение технологий 4IR (Четвертой промышленной революции) для снижения углеродного следа. Необходимо отметить, что, несмотря на достигнутый уровень прогресса в определенных производственных отраслях и направлениях технологической модернизации промышленности, страны БРИКС пока не вышли на траекторию ускоренного развития этого сектора. Полученные результаты позволяют говорить о целесообразности разработки модельных институциональных механизмов для формирования дорожной карты повышения эффективности промышленного развития стран на основе глубокой технологической модернизации производственного сектора с использованием международного опыта.

Что касается рейтинга стран-членов БРИКС в достижении целей устойчивого развития ООН за 2024 год, который основан на оценке прогресса каждой страны в достижении 17 ЦУР, таких как борьба с бедностью, образование, здравоохранение, охрана окружающей среды и другие, то самые высокие позиции в данном рейтинге у Бразилии – 52 место, России – 56 место, Китая – 68 место [6].

Необходимо отметить, что Республика Беларусь как страна-партнер БРИКС с 2024 года в этом рейтинге занимает 30 позицию. Особенно значимые успехи наблюдаются в достижении ЦУР 9 (индустриализация, инновации, инфраструктура), что свидетельствует о положительной динамике в сфере эко-инноваций. Республика Беларусь на протяжении последнего десятилетия демонстрирует последовательное стремление к формированию экологически устойчивой экономической модели развития. Ключевым стратегическим документом в этой области выступает Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2040 года (НСУР-2040), разработанная с учетом современных глобальных вызовов и изменений в мировой экономике и политике. Документ интегрирован с Программой социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы, обеспечивающей первый этап реализации стратегии.

Согласно НСУР-2040, стратегической целью долгосрочного развития Республики Беларусь является рост качества жизни населения на основе достижения высокой устойчивости национальной экономики посредством развития человеческого и научно-технологического потенциалов, цифровой индустрии, создания рыночных институтов конкурентной среды, формирования бизнес-моделей на принципах ресурсоэффективности при сохранении природных экосистем и обеспечении экологической безопасности.

Необходимо отметить, что в сентябре 2021 г. Беларусь обновила свой вклад по Парижскому соглашению, поставив цель снизить выбросы парниковых газов к 2030 г. не менее чем на 35% от уровня 1990 г. (с учетом поглощения лесами). Как показывают официальные данные, к началу 2024 года это обязательство не только выполнено, но и перевыполнено – снижение составило около 40% [7].

Одним из ключевых направлений эко-инновационного развития Беларуси является энергетический сектор, где наблюдается прогресс в освоении возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Согласно данным Министерства энергетики, в Беларуси за 14 лет мощность установок ВИЭ выросла в 14 раз и составила 632 МВт по состоянию на 2024 год. Внедрение ВИЭ позволяет ежегодно экономить около 500 тысяч тонн условного топлива, что вносит существенный вклад в предотвращение глобального изменения климата [8].

На сегодняшний день в республике функционирует разветвленная сеть объектов возобновляемой энергетики, включающая: 84 фотоэлектрические станции общей мощностью 272.7 МВт (крупнейшие – Чериковская ФЭС (109 МВт) и Речицкая ФЭС (56 МВт)); 55 гидроэлектростанций мощностью 96.5 МВт (включая Полоцкую (21.6 МВт) и Витебскую (40 МВт) ГЭС); 108 ветроэнергетических установок мощностью 122 МВт; 31 биогазовый комплекс общей мощностью 40.2 МВт; 11 мини-ТЭЦ на древесном топливе электрической мощностью около 100.5 МВт.

Статистические данные свидетельствуют о положительной динамике использования ВИЭ в Беларуси за последние два десятилетия. За более чем 20 лет использование возобновляемых источников энергии в республике выросло почти в два с половиной раза: с 3.3% в 2000 году до 7.6% в 2023 году [9].

Концепция циркулярной экономики (экономики замкнутого цикла) становится все более важным аспектом эко-инновационного развития Беларуси. В июне 2024 года в Беларуси была утверждена Национальная стратегия развития экономики замкнутого цикла, что стало важным шагом в формировании целостной системы циркулярной экономики в стране. Стратегия предусматривает комплекс мер по минимизации образования отходов, повышения эффективности использования ресурсов,

внедрения безотходных и малоотходных технологий, развития системы переработки вторичных материальных ресурсов.

При поддержке ЕС и ЮНИДО в Беларуси реализуется пилотный проект эко-индустриальных парков. В 2021 г. в свободных экономических зонах «Минск» и «Могилев» начато внедрение принципов экологически чистого производственного цикла и промышленного симбиоза – предприятия объединяются для совместного использования ресурсов и отходов. Проведен аудит ресурсной эффективности 16 компаний (пищевые, машиностроение, металлообработка, деревообработка) для выявления возможностей безотходного производства. Крупные заводы модернизируют очистные сооружения и внедряют наилучшие доступные технологии (НДТ).

Важную роль в развитии эко-инновационного сектора Беларуси играет международное сотрудничество. Особенно активно развивается взаимодействие в рамках Евразийского экономического союза (ЕАЭС). «Зеленая» трансформация ЕАЭС будет способствовать переходу к новому технологическому и мирохозяйственному укладу, выходу экономик стран ЕАЭС на траекторию низкоуглеродного и устойчивого развития. В рамках ЕАЭС была разработана и принята Концепция внедрения принципов «зеленой» экономики, что создает дополнительные возможности для развития эко-инноваций в Беларуси. Кроме того, все

страны ЕАЭС являются участницами действующих международных соглашений в сфере охраны окружающей среды, что способствует гармонизации подходов к экологическому регулированию.

Анализ состояния и динамики внедрения эко-инноваций в Республике Беларусь свидетельствует о наличии как положительных тенденций, так и значительных резервов для дальнейшего развития. За последние годы страна достигла заметного прогресса в таких областях, как развитие возобновляемых источников энергии, электротранспорт, экологическая сертификация и формирование циркулярной экономики.

Для преодоления существующих барьеров и ускорения эко-инновационного развития в странах-членах ЕАЭС необходим комплексный подход, включающий совершенствование финансовых механизмов и нормативно-правовой базы, развитие технологического потенциала и человеческого капитала, широкое внедрение механизмов государственно-частного партнерства. Особое внимание следует уделить развитию отечественного производства компонентов для «зеленых» технологий, что позволит снизить зависимость от импорта и создать новые высокотехнологичные рабочие места. Реализация предложенных рекомендаций позволит ЕАЭС не только сократить разрыв с развитыми странами в области эко-инноваций, но и обеспечить устойчивый экономический рост, повысить конкурентоспособность продукции на мировых рынках и существенно улучшить экологическую ситуацию в странах-членах, что соответствует национальным интересам и глобальным трендам устойчивого развития.

Таким образом, эко-инновационное развитие в БРИКС и ЕАЭС базируется на сочетании технологий, финансирования и международного диалога. Несмотря на различия в приоритетах, страны демонстрируют единство в стремлении к углеродной нейтральности и устойчивому росту. Успехи в этой области зависят от дальнейшей интеграции регуляторных стандартов и усиления роли правительства, науки, бизнеса, гражданского общества в реализации проектов и эффективного взаимодействия интеграционных объединений в области эко-инноваций, изучения и адаптации к условиям национальных экономик лучших зарубежных практик с целью повышения их международной конкурентоспособности и устойчивого развития.

Литература

1. Наше общее будущее: доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР), пер. с англ.; под ред. С.А. Евтеева, Р.А. Перелета, 1989, 376.
2. Отчет о зеленых инновациях и росте 2023: влияние институциональной среды на эко-инновационную активность, Группа Всемирного банка, Департамент климатического финансирования и инноваций (<https://www.worldbank.org/en/publication/world-bank-sustainability-review>).
3. Innovation Policy: A Guide for Developing Countries, The World Bank, Washington, 2010. (<https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/1adbf9b8-c7fb-504d-818d-9786447623ae>).
4. **Н.И. Егорова, О.И. Митякова**
Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2015, 3(110), 299–305.
5. За год Китай нарастил объем зеленой энергетики больше, чем весь остальной мир, Медиасервис thinktanks, 2025.06.25.
6. **J.D. Sachs, G. Lafortune, G. Fuller**
The SDGs and the UN Summit of the Future. Sustainable Development Report 2024. Paris: SDSN, Dublin: Dublin University Press. DOI: 10.25546/108572.
7. В Беларуси будет создана национальная система мотивации к снижению углеродных выбросов, Белхимпром (<https://belchemoil.by/news/tehnologii-i-trendy/v-belarusi-budet-sozdana-nacionalnaya-sistema-motivacii-k-snizheniyu-uglerodnyh-vybrossov>).
8. Доля производства электрической энергии из возобновляемых источников энергии в общем производстве электрической энергии, Национальный статистический комитет Республики Беларусь. (<https://dataportal.belstat.gov>).

- by/osids/indicatorinfo/10207000010?viewType=TABLE).
9. Использование возобновляемых источников энергии выросло в Беларуси почти в 2,5 раза с 2000 года, БЕЛТА. (<https://belta.by/economics/view/ispolzovanie-vozobnovljaemyh-istochnikov-energii-vyroslo-v-belarusi-pochti-v-25-raza-s-2000-goda-665202-2024>).
 10. K. Rene, M. Andersen
J. Clean. Prod., 2018, 172. 2992–3001.
DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.11.059.
 11. Belarus Green Economy. ([https://belarusgreeneconomy.eu/files/](https://belarusgreeneconomy.eu/files/Belarus_Green_Economy_Concept.pdf)
 12. Digital Solutions Can Reduce Global Emissions by Up to 20%. Here's How, World Economic Forum. (<https://www.weforum.org/stories/2022/05/how-digital-solutions-can-reduce-global-emissions>).
 13. Environmental Technology Innovation. Brussels: EC Publication Office; WIPO, Cleantech Group, 2024. (<https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2024/en/gii-2024-results.html>).

English

Priorities of eco-innovation development in BRICS member countries

Alena L. Davydzienka

Professor, Belarusian State University
4, Independence Av., Minsk, 220030, Republic of Belarus
Helen70@tut.by

Abstract

The article examines the theoretical aspects and promising areas of eco-innovative development of the BRICS member countries. It is noted that the modern paradigm of eco-innovations is formed at the junction of several theoretical directions, integrating the achievements of ecological economics, innovative management and the theory of sustainable development. Promising areas of eco-innovative development of the BRICS countries are highlighted, including the creation and implementation of technological innovations, the “green” transformation of economies, and the formation of platforms for cooperation and exchange of experience. The experience of developing the eco-innovation sector of the Republic of Belarus is analyzed, including taking into account international cooperation within the framework of the EAEU.

Key words: eco-innovation, green economy, sustainable development, BRICS countries

Reference

1. Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development (WCED), translated from English; edited by S.A. Evteeva, R.A. Pereleta, 1989, 376. (in Russian).
2. Report on Green Innovations and Growth 2023: The Impact of the Institutional Environment on Eco-Innovation Activity, World Bank Group, Climate Finance and Innovation Department. (<https://www.worldbank.org/en/publication/world-bank-sustainability-review>).
3. Innovation Policy: A Guide for Developing Countries, The World Bank, Washington, 2010. (<https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/1adbf9b8-c7fb-504d-818d-9786447623ae>).
4. N.I. Egorova, O.I. Mityakova
Environmental Innovations and Sustainable Development, Proceedings of the R.E. Alekseev NGTU, 2015, 3 (110), 299–305 (in Russian).
5. In a year, China increased its green energy capacity more than the rest of the world combined, according to media service thinktanks, 2025.06.25. (<https://thinktanks.pro/publication/2025/06/25/za-god-kitay-narastil-obem-zelenoy-energetiki-bolshe-chem-ves-ostalnoymir.html>) (in Russian).
6. J.D. Sachs, G. Lafortune, G. Fuller
The SDGs and the UN Summit of the Future. Sustainable Development Report 2024. Paris: SDSN, Dublin: Dublin University Press. DOI: 10.25546/108572.
7. A national system for incentivising the reduction of carbon emissions will be established in Belarus, Belkhiprom. (<https://belchemoil.by/news/tehnologii-i-trendy/v-belarusi-budet-sozdana-nacionalnaya-sistema-motivacii-k-snizheniyu-uglerodnyh-vybrosov>). (in Russian).
8. The share of electricity production from renewable energy sources in total electricity production, National Statistical Committee of the Republic of Belarus. (<https://dataportal.belstat.gov.by/osids/indicatorinfo/10207000010?viewType=TABLE>). (in Russian).
9. The use of renewable energy sources in Belarus has increased almost 2.5 times since 2000, according to BELTA. (<https://belta.by/economics/view/ispolzovanie-vozobnovljaemyh-istochnikov-energii-vyroslo-v-belarusi-pochti-v-25-raza-s-2000-goda-665202-2024>). (in Russian).
10. K. Rene, M. Andersen
J. Clean. Prod., 2018, 172. 2992–3001.
DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.11.059.
11. Belarus Green Economy. (https://belarusgreeneconomy.eu/files/Belarus_Green_Economy_Concept.pdf).
12. Digital Solutions Can Reduce Global Emissions by Up to 20%. Here's How, World Economic Forum. (<https://www.weforum.org/stories/en/2022/05/how-digital-solutions-can-reduce-global-emissions>).
13. Environmental Technology Innovation. Brussels: EC Publication Office; WIPO, Cleantech Group, 2024. (<https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2024/en/gii-2024-results.html>).

Экологические аспекты устойчивого развития в странах БРИКС

Э.Р. Мамадалиева

В статье исследуются экологические аспекты устойчивого развития в странах БРИКС как важнейших участников глобального экологического диалога. Анализируются ключевые экологические вызовы, стоящие перед этими государствами, включая загрязнение окружающей среды, изменение климата, истощение природных ресурсов и дефицит чистой воды. Особое внимание уделено реализации Целей устойчивого развития, переходу к «зеленой» экономике, использованию возобновляемых источников энергии и развитию экологической политики. Отмечается активное участие стран в международных соглашениях и программах, направленных на сокращение выбросов парниковых газов, развитие возобновляемой энергетики и внедрение «зелёных» технологий. Отдельное внимание уделено перспективам межгосударственного сотрудничества, включая обмен технологиями, инвестиции в устойчивую инфраструктуру и координацию климатической политики. Сделан вывод о необходимости интеграции приоритетов защиты окружающей среды в стратегическое планирование и экономическое развитие стран объединения для достижения глобальной экологической устойчивости.

Ключевые слова: устойчивое развитие, экология, изменение климата, загрязнение, парниковые газы, возобновляемая энергия.

Современные вызовы глобального развития обострили необходимость перехода к устойчивой модели хозяйствования, в которой приоритет отдается не только экономическому росту, но и сохранению природных ресурсов и биоразнообразия, а также обеспечению безопасности для окружающей среды. В этом контексте особое внимание привлекают страны БРИКС, объединяющие около 40% населения планеты и обладающие значительным природно-ресурсным потенциалом и развивающимися экономиками. Экологические аспекты устойчивого развития в этих странах представляют собой сложный и многогранный процесс, охватывающий политику, технологическое развитие, институциональные преобразования и международное сотрудничество.

Одним из ключевых факторов устойчивого развития является способность стран эффективно управлять природными ресурсами, снижать уровень загрязнения окружающей среды и смягчать последствия изменения климата. Все страны БРИКС сталкиваются с экологическими проблемами, среди которых можно выделить истощение лесов (актуально для Бразилии), загрязнение воздуха и водных ресурсов (ярко выражено в Индии и Китае), деградацию земель (в Южной Африке), а также последствия добычи природных ресурсов (актуально для всех участников блока). Несмотря на различия в уровне экономического роста и структурах национальных экономик, для всех стран БРИКС характерно стремление интегрировать экологические приоритеты в национальные стратегии устойчивого развития.

В Бразилии в рамках реализации Национального плана по адаптации к изменению климата [1], разработанного в соответствии с Рамочной конвенцией ООН по изменению климата, разработаны и внедрены устойчивые сельскохозяйственные практики в регионах, подверженных засухе, развивается инфраструктура водоснабжения в маловодных регионах, медицинские системы адаптируются к климатическим угрозам. В России в целях повышения эффективности природоохранной политики разработана Энергетическая стратегия до 2035 г., федеральный проект «Чистый воздух», направленный на снижение загрязнения в промышленных городах, правительством оказывается поддержка перехода к зеленой экономике через модернизацию промышленных мощностей. Индия активно участвует в международном солнечном альянсе (ISA), разработаны программа Smart Cities, ориентированная на устойчивую



МАМАДАЛИЕВА
Эльвира Ринатовна
ведущий специалист,
Институт макроэкономических
и региональных
исследований,
Узбекистан

урбанизацию, Национальный план действий по изменению климата.

На фоне необходимости декарбонизации экономики и достижения климатических целей, зафиксированных в Парижском соглашении и Повестке ООН в области устойчивого развития на период до 2030 г., БРИКС постепенно смещает фокус энергетической политики в сторону низкоуглеродных технологий. Такой переход обусловлен не только экологическими, но и экономическими причинами: возобновляемая энергетика способствует снижению зависимости от ископаемого топлива, формированию новых рынков, созданию рабочих мест и повышению энергетической безопасности.

Китай, например, стал мировым лидером в производстве солнечных панелей и электромобилей [2], а также крупнейшим инвестором в возобновляемую энергетику [3]. Индия продвигает национальную миссию по солнечной энергии и реализует амбициозные программы по улучшению качества воздуха [4]. Россия делает акцент на развитии циркулярной экономики, экологической сертификации и модернизации инфраструктуры в рамках национальных проектов [5]. Южная Африка активно развивает возобновляемую энергетику [6], в том числе ветровые и солнечные электростанции, а Бразилия традиционно использует значительную долю биоэнергетики [7], в частности производство этанола из сахарного тростника.

Экологические аспекты устойчивого развития в государствах БРИКС становятся объектом все большего научного интереса, что отражено в растущем числе публикаций, посвященных вопросам природоохранной политики, природоохранного регулирования и устойчивого управления ресурсами.

Согласно ряду исследователей, экологическая проблематика интеграционного объединения БРИКС приобретает особую значимость ввиду высокой нагрузки на природную

среду в условиях экономического роста. Например, в работе U.E. Simonis (2017) [8] подчеркивается, что устойчивое развитие невозможно без системного подхода к вопросам экологии и что страны БРИКС должны учитывать экологические ограничения в своих стратегиях развития. В контексте устойчивого развития акцент делается на баланс между экономическим ростом, социальной справедливостью и экологическим благополучием.

Бразилия, как отмечается в исследовании Nepstad et al. (2014) [9], сталкивается с проблемой масштабного обезлесения в бассейне Амазонки, что влияет не только на биоразнообразие, но и на глобальные климатические процессы. Авторы подчеркивают, что сохранение тропических лесов должно стать центральным элементом экологической политики Бразилии. В то же время правительственные меры, такие как программа REDD+ и усиление мониторинга вырубок, рассматриваются как положительные примеры усилий в направлении устойчивого управления лесами.

По мнению Stern (2007) [10], Китай является крупнейшим источником парниковых газов, но при этом показывает одни из самых амбициозных темпов перехода к зеленой энергетике. В работе подробно рассматриваются государственные стратегии КНР по снижению выбросов CO₂, развитию солнечной и ветровой энергетики, а также реформированию угольной отрасли.

Авторы Sh. Zeng et al. [11] провели комплексный обзор инвестиционной среды и моделей финансирования возобновляемой энергетики в странах БРИКС (Китай, Индия, Россия, Бразилия, ЮАР), анализируя факторы, препятствия и пути решения проблемы привлечения капитала. В рамках анализа они выделили четыре ключевых канала – банковское кредитование, институциональные займы, отраслевые фонды, международное финансирование. Изучив ключевые проблемы финансирования, авторами были разработаны рекомендации: расширение рынков капитала (стимулирование green bonds, ESG-инвестиций), снижение барьеров входа в технологии возобновляемых источников энергии (далее – ВИЭ), гражданское участие в финансировании. В результате исследование детально представляет не только существующую картину финансирования ВИЭ в странах БРИКС, но и предлагает реальные инструменты, способные преодолеть системные барьеры и мобилизовать ресурсы на устойчивый энергетический переход.

Южная Африка, как подчеркивается в работе Swilling et al. (2012) [12], обладает уникальной биоразнообразной средой и одновременно высоким уровнем загрязнения, обусловленным индустриальным наследием и зависимостью от угольной энергетики. Исследование указывает на важность перехода к устойчивой инфраструктуре, формирования систем управления отходами и внедрения механизмов природоохранного регулирования.

Исследование S. Gürsoy [13] охватывает шесть стран (Бразилия, Россия, Индия, Китай, ЮАР, Саудовская Аравия) в период с 2015 по 2023 г. Используя панельные регрессии,

автор приходит к выводу, что в целом цифровизация повышает энергопотребление, особенно в странах с доминирующими традиционными источниками энергии (Россия, Саудовская Аравия). Исследование демонстрирует, что цифровизация сама по себе увеличивает энергопотребление, но при незамедлительной интеграции ВИЭ, особенно в странах вроде Бразилии и Китая, она становится инструментом устойчивой энергетической трансформации. Достижение этого требует продуманных стратегических связей между ИТ-политикой и энергетической инфраструктурой.

Россия, обладая огромным природным капиталом и пространственным разнообразием экосистем, также представляет интерес для экологических исследований. В работе В. Коваля и Д. Лыжина [14] подчеркивается необходимость перехода от ресурсоемкой модели экономики к экологически ориентированной модели устойчивого развития. Особое внимание уделяется вызовам, связанным с утилизацией отходов, загрязнением воздуха и сохранением Арктики как стратегически важного региона.

Совместные публикации, координируемые в рамках саммитов БРИКС, в частности в отчетах Нового банка развития (НБР), также подчеркивают важность экологического компонента в многостороннем сотрудничестве стран блока. Доклады НБР акцентируют внимание на инвестициях в проекты устойчивой инфраструктуры, водоснабжения, транспорта и энергетики как инструментов достижения экологических целей БРИКС.

Таким образом, экологические аспекты стабильного развития участников БРИКС рассматриваются как приоритетная область в контексте глобальных климатических вызовов. Несмотря на различия в экологических профилях стран, общими тенденциями являются: развитие возобновляемых источников энергии, борьба с загрязнением, сохранение биоразнообразия, а также институциональное укрепление природоохранной политики. Научные источники подчеркивают необходимость углубления межгосударственного взаимодействия, обмена опытом, технологий и реализации совместных экологических проектов в рамках БРИКС как важнейшего формата глобального партнерства.

В результате изучения исследований на данную тематику можно сформировать основные направления сотрудничества государств в рамках БРИКС (рис. 1). Ключевыми направлениями являются: обмен передовыми технологиями в производстве солнечных панелей, ветряных турбин и т.п.,

систем хранения энергии, создание совместных научно-исследовательских центров и программ для разработки новых материалов, повышения эффективности ВИЭ, унификация подходов к сертификации, качеству и безопасности оборудования ВИЭ, совместная работа над созданием более устойчивых и эффективных цепочек поставок для компонентов ВИЭ, снижая зависимость от отдельных поставщиков и повышая их собственную конкурентоспособность, обмен успешными механизмами стимулирования и регулирования проектов и т.д.

Согласно результатам Индекса экологической устойчивости (EPI) [15], который оценивает состояние устойчивости в 180 странах мира, Бразилия, Россия и ОАЭ входят в топ-100 стран по экологической эффективности в 2024 г. Значительный разрыв замечен по результатам ранжирования Индии (176-е место), Индонезии (163-е место), Китая (156-е место), Эфиопии (151-е место) и Ирана (113-е место). Таким образом, экологическая устойчивость в странах БРИКС остается крайне неоднородной: страны-лидеры демонстрируют реальные прогрессы, в то время как Индия, Индонезия, Эфиопия испытывают значительные проблемы. Эти результаты подчеркивают важность адаптированных национальных стратегий (с усилением фокуса на климат, воздух, воду, биоразнообразие и циркулярную экономику), а также усиленное международное сотрудничество внутри БРИКС для повышения экологической устойчивости всего блока.

Цели устойчивого развития (ЦУР) в области экологии, зафиксированные в Повестке дня ООН на период до 2030 г. [16], играют важную роль в формировании экологической политики БРИКС. Эти страны, обладая значительным природным потенциалом и одновременно испытывая высокую экологическую нагрузку в условиях интенсивного роста и урбанизации, в последние годы активно включаются в реализацию данных

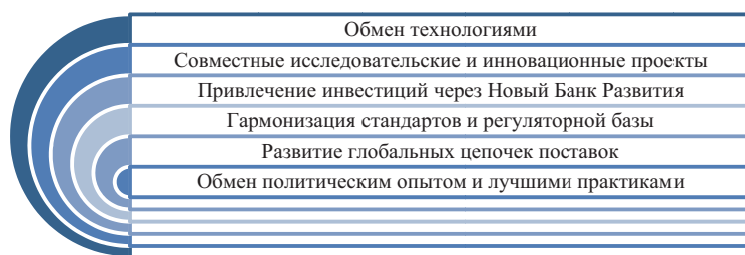


Рис. 1. Основные направления сотрудничества между странами-участницами БРИКС.

целей, адаптируя их к своим национальным условиям и приоритетам.

В рамках реализации ЦУР 6, нацеленной на преодоление глобальных вызовов, связанных с нехваткой чистой воды и неудовлетворительными санитарными условиями, приоритетным направлением выступает обеспечение населения доступом к безопасной и качественной питьевой воде. В ЕРІ по фактору «санитария и питьевая вода» большинство стран БРИКС (кроме Индии, ЮАР, Эфиопии и Индонезии), вошли в топ-100 стран с хорошими санитарно-гигиеническими условиями и чистой питьевой водой. Стоит отметить, что Египет в 2020 г. занимал 112-е место, однако улучшил свои позиции и занял 96-е место в 2024 г.

В целях принятия срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями была принята ЦУР 13, одним из ключевых направлений которой является сокращение выбросов парниковых газов, развитие возобновляемых источников энергии, устойчивое управление природными ресурсами и внедрение низкоуглеродных технологий. В ЕРІ по фактору «изменение климата» лишь Бразилия и ЮАР входят в топ-100 стран, в то же время Россия, Египет, Иран, Индонезия ухудшили свои позиции с 2020 г. и в 2024 г. занимают относительно низкие позиции.

В целом страны-участники объединения демонстрируют активное вовлечение в достижение экологических ЦУР, при этом каждая из них сталкивается с уникальными вызовами и использует собственные стратегические подходы. Общими проблемами остаются нехватка финансирования на природоохранные инициативы, институциональные барьеры, а также необходимость более тесной координации между секторами и уровнями власти. Несмотря на это, продвижение стран БРИКС по экологическим целям устойчивого развития играет важную роль в достижении глобальных экологических ориентиров, особенно учитывая их

влияние на климат, биоразнообразие и ресурсное потребление планеты.

Важным элементом экологической повестки также является многостороннее сотрудничество. На регулярных встречах министров экологии государств-членов БРИКС обсуждаются совместные подходы к решению глобальных проблем защиты окружающей среды, вопросы внедрения экологических инноваций и создания платформ для обмена знаниями. Новый банк развития БРИКС активно финансирует инфраструктурные и энергетические проекты с учетом их воздействия на окружающую среду. Усиление взаимодействия между странами, обмен практиками, формирование совместных научных программ, в свою очередь, могут стать ключом к формированию более эффективной и скоординированной экологической политики в рамках объединения.

Страны БРИКС признают необходимость совместных действий по борьбе с изменением климата, охране биологического разнообразия, рациональному использованию природных ресурсов и развитию зеленой экономики. В целях борьбы с изменением климата страны БРИКС взяли на себя обязательство по сокращению выбросов, продвижению возобновляемых источников энергии и поддержке международных соглашений, таких как Парижское соглашение [17]. Также среди конкретных проектов можно выделить Инициативы «Чистые реки БРИКС», проект Партнерство по устойчивости городских экосистем, Проекты в рамках Нового банка развития, совместные программы в области биоразнообразия, образовательные и просветительские инициативы и др.

Государства БРИКС занимают лидирующие позиции по объемам выбросов парниковых газов (более чем 50% глобальных выбросов), оказывая значительное воздействие на глобальные климатические процессы (рис. 2). В связи с этим перед ними остро стоит задача уменьшения углеродного следа и перехода к экологически безопасной, низкоуглеродной модели развития. В последние годы страны объединения активно продвигают использование возобновляемых источников энергии и внедряют подходы к более рациональному потреблению природных ресурсов, стремясь снизить негативное влияние на окружающую среду. За последнее десятилетие их доля в мировом производстве электроэнергии из ВИЭ почти удвоилась, увеличившись с 23.8% до 42.5%. Примечательно, что Бразилия, Китай, Индонезия и Индия увеличили свою генерирующую мощность из возобновляемых источников в 1.4–5.3 раза.

По прогнозам Международного энергетического агентства, глобальные инвестиции в чистую энергетику в 2024 году впервые превысят 2 триллиона долларов, что почти вдвое больше, чем вложения в ископаемое топливо. Это во многом обусловлено активными программами Китая и Индии. Китай по-прежнему лидирует по объему инвестиций, планируя направить около 680 миллиардов долларов на развитие ВИЭ в 2024 году. При сохранении текущих темпов роста страны БРИКС имеют потенциал утроить свою совокупную мощность возобновляемой генерации к 2030 году. Это

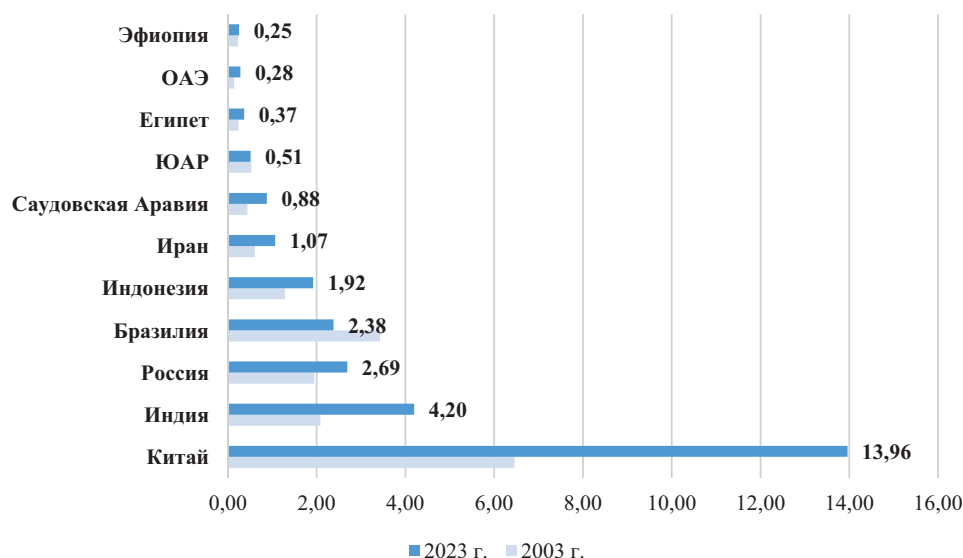


Рис. 2. Выбросы парниковых газов, млрд т. Источник данных: [19].

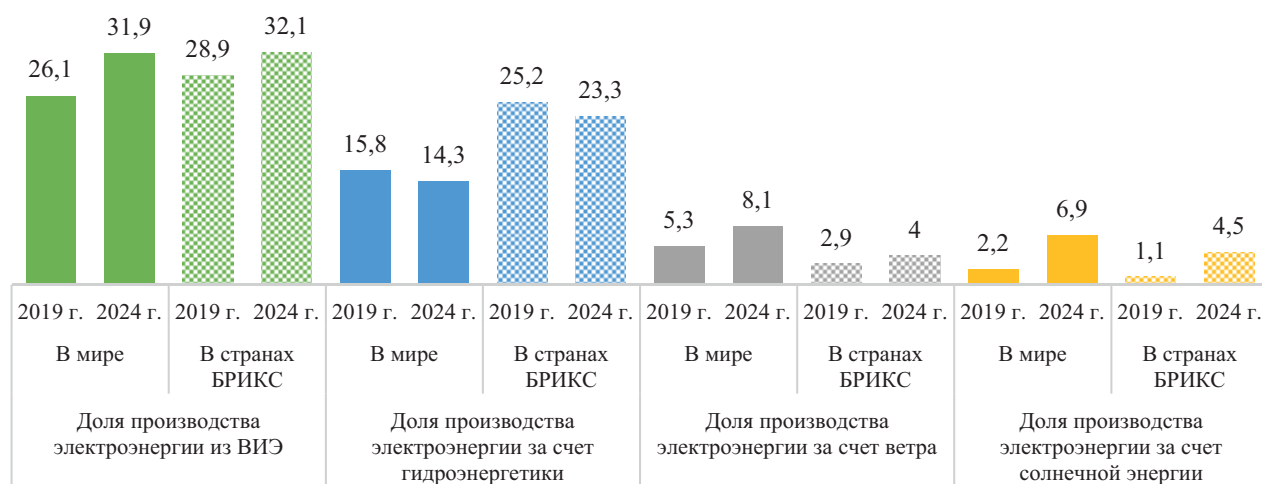


Рис. 3. Показатели развития возобновляемые источники энергии (ВИЭ) в мире и странах БРИКС, %. Источник: <https://ourworldindata.org/renewable-energy>

соответствует целям 28-й Конференции ООН по изменению климата (COP28) по утроению мировых мощностей ВИЭ.

По данным за 2024 г. 31,9% мировой электроэнергии производится из возобновляемых источников (рис. 3). В странах БРИКС этот показатель немного выше, достигая в среднем 32,1%. Наибольшего прогресса в развитии ВИЭ достигли: Эфиопия (100% от всей производимой электроэнергии в стране), Бразилия (87,7%) и Китай (33,6%).

При общемировом объеме производства электроэнергии из гидроисточников, равном 4419 ТВт•ч, на участников БРИКС приходится 50,1% этой генерации. Ведущими производителями гидроэнергии среди них являются Китай (30,7% от общей генерации гидроэнергии в странах БРИКС), Бразилия (9,4%), Россия (4,8%) и Индия (3,6%), обеспечивающие совокупно около 48,3% гидроэнергетической выработки БРИКС.

В сфере ветровой энергетики в БРИКС производят 209,9 ТВт•ч, при этом наибольший вклад вносит Бразилия (4,3%) и Индия (3,3%). Общая выработка солнечной энергии в рамках объединения превышает 1073 ТВт•ч, что составляет 50,4% от мировой генерации в этом сегменте. Основными

драйверами здесь выступают Китай (39,1% от общей генерации солнечной энергии в странах БРИКС), Индия (6,3%), Бразилия (3,5%).

Следует отметить, что экологические аспекты устойчивого развития в рамках БРИКС становятся все более значимым элементом как внутренней политики, так и внешнеэкономической стратегии. Перспективы устойчивого развития будут зависеть от способности стран объединения интегрировать экологические соображения в процесс принятия решений, повышать институциональную и технологическую безопасность, а также укреплять механизмы международного взаимодействия в интересах сохранения окружающей среды и благополучия будущих поколений.

Развитие ВИЭ играет ключевую роль в диверсификации и повышении устойчивости экономик стран БРИКС. Этот процесс способствует созданию новых рабочих мест и формированию инновационных индустрий. В настоящее время на долю стран БРИКС приходится более половины мировых рабочих мест в секторах солнечной и ветровой энергетики, а также около 60% в возобновляемой энергетике в целом. Примечательно, что даже в угольной отрасли этот показатель достигает 80%.

БРИКС серьезно ориентируется на выполнение климатических обязательств в рамках Парижского соглашения. Во всех странах заданы цели углеродной нейтральности:

- в Китае [18] для достижения цели к 2060 г. планируется: масштабное развитие солнечной, ветровой, гидро- и атомной энергетики, декарбонизация промышленности и транспорта, поддержка торговли зелеными сертификатами и внутренней системы углеродного регулирования;

- в Индии [19] цель будет достигнута к 2070 г. при переориентации на солнечную энергетику, внедрении энергоэффективных технологий и поддержке зеленых инноваций;

- в Бразилии [20] борьба с обезлесением в Амазонии (REDD+), развитие биоэнергетики, повышение доли ВИЭ и создание зеленых рабочих мест приведет к углеродной нейтральности к 2050 г.;

- в России [21] в целях достижения углеродной нейтральности к 2060 г. ведется работа по постепенной декарбонизации без ущерба для энергетической безопасности, развитию ядерной энергетики, увеличению лесопоглощения, снижению энергоемкости ВВП.

Возобновляемая энергетика не просто снижает углеродный след стран БРИКС, но и способствует формированию более устойчивой и справедливой глобальной энергетической системы. Укрепляя сотрудничество в этом стратегически важном секторе, страны БРИКС не только решают свои

внутренние энергетические и экологические задачи, но и демонстрируют пример успешной многосторонней интеграции на основе общих целей устойчивого развития. Это сотрудничество, основанное на инновациях и совместных инвестициях, способно значительно ускорить глобальный энергетический переход и укрепить позиции БРИКС как влиятельного игрока на мировой арене.

Возобновляемая энергетика становится важнейшим драйвером интеграции стран БРИКС. Совместные программы развития ВИЭ и энергоэффективности укрепляют экономические связи и переводят объединение к устойчивому росту. Одновременный прирост производства чистой энергии, создание зеленых рабочих мест и соблюдение климатических обязательств формируют для БРИКС общую платформу устойчивого развития и усиливают их роль на международной арене.

Интеграционный потенциал ВИЭ проявляется через ряд механизмов. Одним из ключевых является создание общего энергетического пространства стран БРИКС, включающего согласование стандартов, технических регламентов и подходов к устойчивой энергетике. Немаловажным шагом может стать формирование совместных инвестиционных механизмов, например создание зеленого энергетического фонда БРИКС, направленного на финансирование проектов в области ВИЭ. Значительную роль играет и обмен технологиями и опытом: Китай может выступать поставщиком оборудования и технологических решений, Индия – платформой для тестирования масштабных программ, Бразилия – примером устойчивой интеграции биоэнергетики в аграрную экономику. Совместные научные центры, образовательные программы, консорциумы по ВИЭ также способны усилить координацию усилий.

Однако реализация интеграционного потенциала ВИЭ сталкивается с рядом вызовов. Это, прежде всего, различия в структурах энергопотребления и институциональной базе, нехватка унифицированных стратегий, а также ограниченные трансграничные энергетические соединения, особенно для малых и средних проектов в странах с менее развитым инвестиционным климатом.

Таким образом, экологическая повестка стран БРИКС охватывает широкий спектр направлений, от климатической политики до ресурсосбережения, и отражает стремление этих стран интегрировать экологические приоритеты в стратегию национального и глобального развития. Учитывая их влияние на мировую экономику и экологию, стабильность и результативность природоохранных преобразований в БРИКС будет иметь важное значение для достижения целей глобального устойчивого развития. В целом ВИЭ могут стать важнейшим связующим звеном для БРИКС, формируя условия для более устойчивой, диверсифицированной и взаимовыгодной энергетической архитектуры. При наличии координационных стратегий и совместных усилий по устранению барьеров ВИЭ способны превратиться не только в инструмент энергетической трансформации, но и в драйвер устойчивой интеграции государств БРИКС в условиях глобального энергетического перехода.

Литература

1. Brazil: National adaptation plan to climate change – Volume I: General strategy 2016. (<https://www.preventionweb.net/publication/brazil-national-adaptation-plan-climate-change-volume-i-general-strategy-2016>).
2. От рисовых полей до лидера в экономике. Как Китай стал экономическим гигантом. (<https://asiaplustj.info/ru/news/world/20241120/ot-risovich-polei-do-lidera-v-ekonomike-kak-kitai-stal-ekonomicheskim-gigantom>).
3. Китай стал крупнейшим инвестором в мировую энергетику. (<https://eenergy.media/news/32039>).
4. India on the Forefront of Mitigating Climate Change. (<https://www.startupindia.gov.in/content/sih/en/bloglist/blogs/Climate-change.html#:~:text=By%202030%2C%20India%20will%20meet,more%20than%2045%25%20by%202030>).
5. **О.В. Кудрявцева, Е.Н. Митенкова, М.А. Солодова** Экономическое возрождение России, 2019, 3(61), с. 115-126.
6. Shaping South Africa's Energy Future (<https://www.engie-africa.com/articles/shaping-south-africas-energy-future/#:~:text=Approximately%2087%25%20of%20the%20nation's,from%20renewables%20will%20grow%20rapidly>).
7. Brazil: In 2024, Brazil had the world's third-largest increase in both wind and solar generation. (<https://ember-energy.org/countries-and-regions/brazil/#:~:text=Brazil's%20largest%20source%20of%20clean,of%20its%20electricity%20in%202024>).
8. **U.E. Simonis** *Int. J. Soc. Econ.*, 2017, 44(12), p. 1. DOI: 10.1108/IJSE-08-2016-0224.
9. **D.C. Nepstad, D.G. McGrath, C. Stickler, A. Alencar** *Science*, 2014, 344(6188), p. 1118. DOI: 10.1126/science.1248525.
10. **N. Stern** *Cambridge University Press*, 2007. DOI: 10.1017/CBO9780511817434.
11. **Sh. Zeng, Yu. Liu, Ch. Liu, X. Nan** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, 2017, 74(C), p. 860. DOI: 10.1016/j.rser.2017.03.016.
12. **M. Swilling, J.K. Musango, J. Wakeford** *J. Environ. Policy Plan.*, 2015, 5(5), p. 1. DOI:10.1080/1523908X.2015.1107716.
13. **S. Gursoy** *Policy Soc.*, 2025, 3(1), p. 1. DOI: 10.59400/jps2278.
14. **В. Коваль, Д. Лыжин** *АиС*, 2016, 22, с. 139.
15. 2024 Environmental Performance Index. (<https://epi.yale.edu/measure/2024/EPI>).
16. 17 Целей устойчивого развития. (<https://sdgs.un.org/ru/goals>).
17. Парижское соглашение. (<https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement>).
18. An energy sector roadmap to carbon neutrality in China. (<https://www.iea.org/reports/an-energy-sector-roadmap-to-carbon-neutrality-in-china>).
19. Индия удивила климатический саммит COP26, поставив цель к 2070 году добиться нулевого уровня выбросов. (<https://esgnews.com/ru/india-surprises-cop26-climate-summit-with-2070-target-for-net-zero-emissions/>).
20. **Л. Чапунгу, Г. Нхамо, Д. Чикодзи, А. Малебахоя, М. Белецкая** *Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал*, 2023, 15(4), с. 92. DOI: 10.38050/2078-3809-2023-15-4-92-126.
21. Правительство утвердило стратегию низкоуглеродного развития РФ до 2050 года. (<https://www.interfax.ru/russia/800746>).

English

Environmental aspects of sustainable development
in the BRICS countries

Elvira R. Mamadaliyeva

Institute for Macroeconomic and Regional Studies
33, Khadra area, Tashkent, 100011, Republic of Uzbekistan
mamadaliyeva.elvira@gmail.com

Abstract

The article explores the environmental aspects of sustainable development in the BRICS countries as the most important participants in the global environmental dialogue. It analyzes the key environmental challenges facing these countries, including environmental pollution, climate change, depletion of natural resources and shortage of clean water. Particular attention is paid to the implementation of the Sustainable Development Goals, the transition to a green economy, the use of renewable energy sources and the development of environmental policy. It notes the active participation of countries in international agreements and programs aimed at reducing greenhouse gas emissions, developing renewable energy and introducing green technologies. Special attention is paid to the prospects for interstate cooperation, including technology exchange, investment in sustainable infrastructure and coordination of climate policy. A conclusion is made about the need to integrate environmental protection priorities into strategic planning and economic development of the countries of the association in order to achieve global environmental sustainability.

Key words: sustainable development, ecology, climate change, pollution, greenhouse gases, renewable energy.

Images



Fig. 1. Main areas of cooperation between BRICS member countries. Data source: [19].

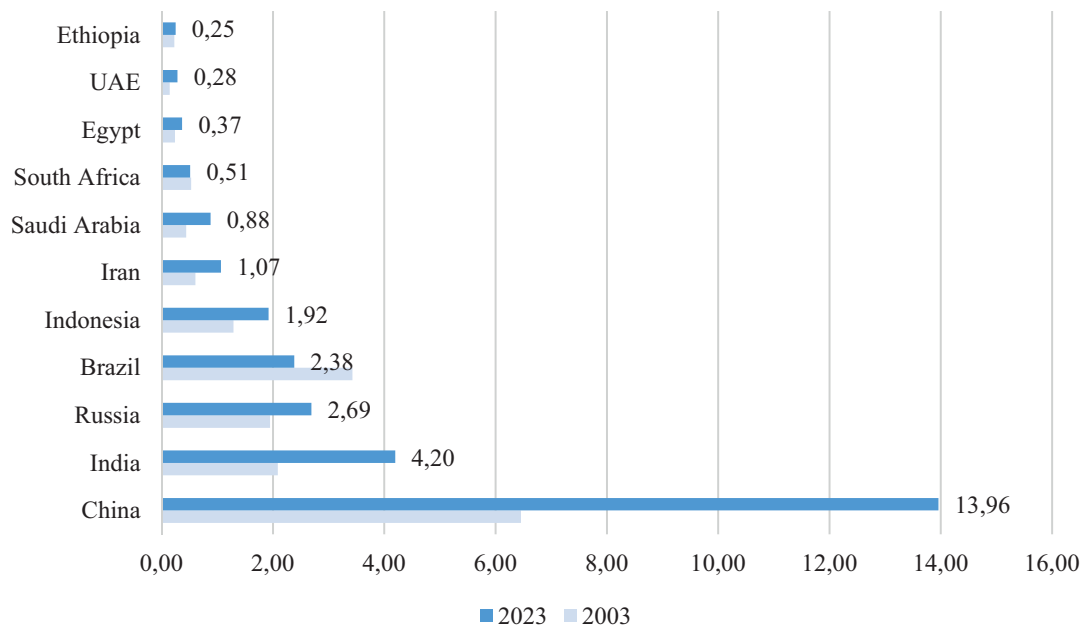


Fig. 2. Greenhouse gas emissions, billion tons.

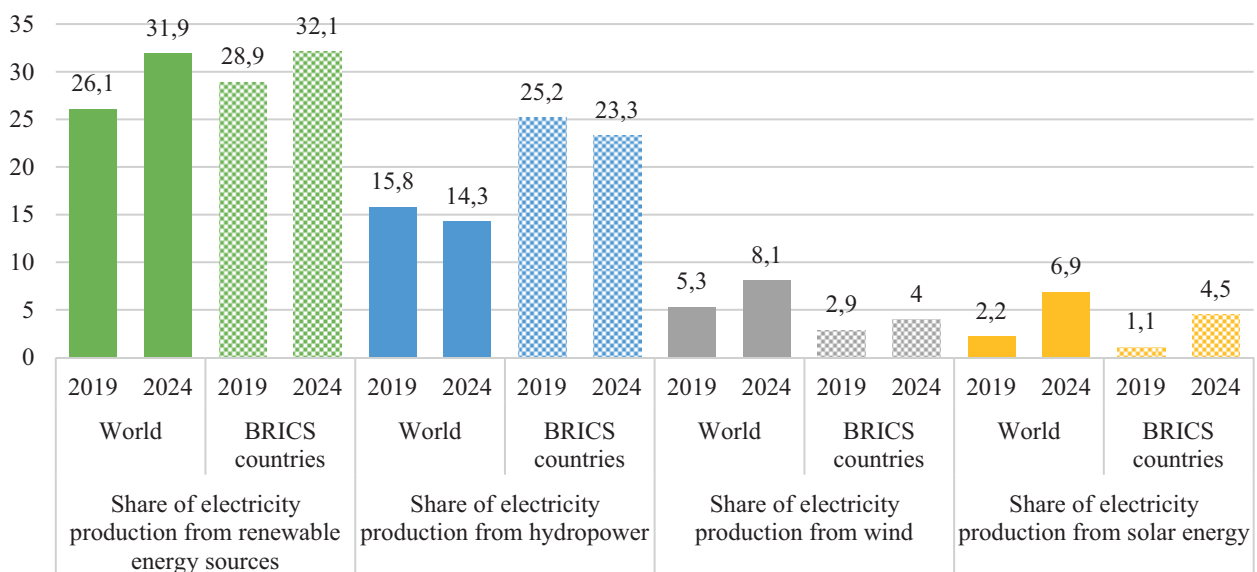


Fig. 3. Renewable energy development indicators in the world and BRICS countries, %. Data source: <https://ourworldindata.org/renewable-energy>.

References

1. Brazil: National adaptation plan to climate change – Volume I: General strategy 2016. (<https://www.preventionweb.net/publication/brazil-national-adaptation-plan-climate-change-volume-i-general-strategy-2016>).
2. From Rice Fields to Economic Leader: How China Became an Economic Giant. (<https://asiaplustj.info/ru/news/world/20241120/ot-risovih-polei-do-lidera-v-ekonomike-kak-kitai-stal-ekonomicheskim-gigantom>). (in Russian).
3. China has become the largest investor in global energy. (<https://eenergy.media/news/32039>). (in Russian).
4. India on the Forefront of Mitigating Climate Change. (<https://www.startupindia.gov.in/content/sih/en/bloglist/blogs/Climate-change.html#:~:text=By%202030%2C%20India%20will%20meet,more%20than%2045%25%20by%202030>).
5. O.V. Kudryavtseva, E.N. Mitenkova, M.A. Solodova *The Economic Revival of Russia*, 2019, 3(61), p. 115. (in Russian).
6. Shaping South Africa's Energy Future. (<https://www.engie-africa.com/articles/shaping-south-africas-energy-future/#:~:text=Approximately%2087%25%20of%20the%20nation's,from%20renewables%20will%20grow%20rapidly>).
7. Brazil: In 2024, Brazil had the world's third-largest increase in both wind and solar generation. (<https://ember-energy.org/countries-and-regions/brazil/#:~:text=Brazil's%20largest%20source%20of%20clean,of%20its%20electricity%20in%202024>).
8. U.E. Simonis *Int. J. Soc. Econ.*, 2017, 44(12), p. 1. DOI: 10.1108/IJSE-08-2016-0224.
9. D.C. Nepstad, D.G. McGrath, C. Stickler, A. Alencar *Science*, 2014, 344(6188), p. 1118. DOI:10.1126/science.1248525.
10. N. Stern *Cambridge University Press*, 2007. DOI: 10.1017/CBO9780511817434.
11. Sh. Zeng, Yu. Liu, Ch. Liu, X. Nan *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier*, 2017, 74(C), p. 860. DOI: 10.1016/j.rser.2017.03.016.
12. M. Swilling, J.K. Musango, J. Wakeford *J. Environ. Policy Plan.*, 2015, 5(5), p.1. DOI: 10.1080/1523908X.2015.1107716.
13. S. Gursoy *Policy Soc.*, 2025, 3(1), p. 1. DOI: 10.59400/jps2278.
14. V. Koval, D. Lyzhin *AiS*, 2016, 22, p.139. (in Russian).
15. 2024 Environmental Performance Index. (<https://epi.yale.edu/measure/2024/EPI>).
16. 17 Sustainable Development Goals. (<https://sdgs.un.org/ru/goals>). (in Russian).
17. Paris Agreement. (<https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement>). (in Russian).
18. An energy sector roadmap to carbon neutrality in China. (<https://www.iea.org/reports/an-energy-sector-roadmap-to-carbon-neutrality-in-china>).
19. India surprises COP26 climate summit by setting net-zero emissions target by 2070. (<https://esgnews.com/ru/india-surprises-cop26-climate-summit-with-2070-target-for-net-zero-emissions/>). (in Russian).
20. L. Chapungu, G. Nhamo, D. Chikodzi, A. Malebahoa, M. Beletskaya *Scientific Research of Faculty of Economics. Electronic Journal*, 2023, 15(4), 92. (in Russian). DOI: 10.38050/2078-3809-2023-15-4-92-126.
21. The government has approved a low-carbon development strategy for the Russian Federation until 2050. (<https://www.interfax.ru/russia/800746>). (in Russian).

Охрана окружающей среды и обеспечение экологической безопасности: цивилизационные и национальные аспекты

В.И. Мунтиян

В статье рассматриваются научные подходы к решению современных проблем по охране окружающей природной среды и обеспечению экологической безопасности. С позиций системного подхода проанализированы основные вызовы и угрозы в сфере экологической безопасности. Обозначены пороговые значения характеризующие уровни устойчивого развития. Предложены рекомендации по обеспечению экологической безопасности как на национальном, так и международном уровне.

Ключевые слова: окружающая среда, экологическая безопасность, вызовы и угрозы, устойчивое развитие.

Все мы стали свидетелями того, что человеческая цивилизация переживает системный кризис. Переживет она его или нет, во многом зависит и от нашей с вами конструктивной позиции. Поэтому главная задача Международного форума по проблемам экологического развития и сотрудничества стран БРИКС+ состоит в том, чтобы внести ясность в решение возникших системных противоречий как внутри самой человеческой цивилизации, так и между цивилизацией и биосферой, а также предложить оптимальные пути их решения.

Петроглиф на пирамиде Хеопса гласит: «Люди погибли от неумения пользоваться силами природы и от незнания истинного мира». Близкие по смыслу пророчества содержатся в мировых религиях и мифах шумерской культуры, в древнеиндийских ведах и в артефактах разных цивилизаций.

Глобальные процессы, представляющие реальную угрозу человеческой цивилизации и окружающей природной среде, ускоряются очень быстро, тогда как само человечество сильно запаздывает с принятием действенных мер по их нейтрализации и минимизации. Такое запаздывание создало настолько опасную ситуацию, что уже сейчас миру угрожает катастрофа планетарного масштаба.

Согласно научному прогнозу как на данный период времени, так и на обозримое будущее, важнейшими мегатрендами глобальной политики остаются проблемы войны и мира, а также формирование нового мирового порядка. Но в тройку самых актуальных мегатрендов мировой политики вошел мегатренд, связанный с процессами сбережения природной среды, экологической безопасности и климатической устойчивости.

Именно эти три основных взаимосвязанных и взаимозависимых между собой мегатренда, а также связанные

с ними военно-политические, экономические, гуманитарные, идеологические, культурные и информационно-психологические процессы образовали очень сложную проблему общемирового значения.

Суть проблемы состоит в возникшем противоречии между интересами стран моноцентричного мира и интересами стран, выступающих за полицентричный мир. Нарастание напряженности пока еще не решенных глобальных противоречий будет происходить по линии качественных трансформационных преобразований, связанных с переходом от текущего этапа мирового развития к новому этапу, от одной эпохи к другой, от нарастающей энтропии к новому мировому порядку.

Но самое главное противоречие, которое вышло на планетарный уровень, – это противоречие между человеческой цивилизацией, которая уже находится в фазе системного кризиса, и Биосферой Земли, между потреблением и биоемкостью планеты (рис. 1).

В условиях нарастания процессов неопределенности, неустойчивости и хаоса любое государство и союзы государств в первую очередь будут принимать неотложные



МУНТИАН
Валерий Иванович
профессор, д.э.н.,
Институт исследований
и экспертизы ВЭБ

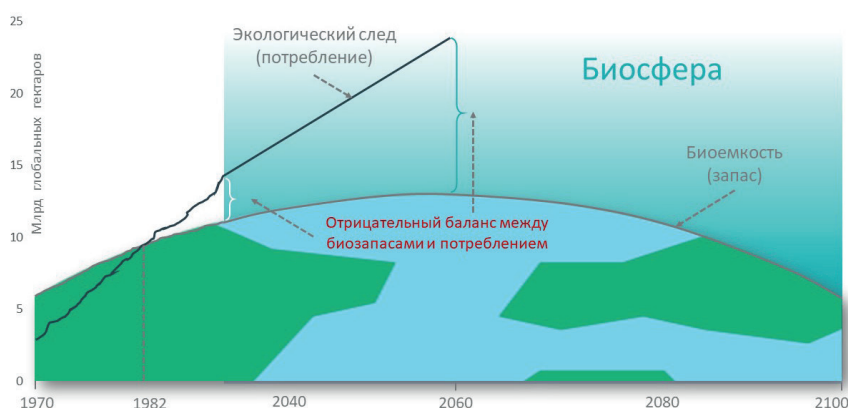


Рис. 1. Биологические возможности Земли и потребности человечества.

меры по реализации политики, обеспечивающей формирование соответствующей ниши и занятие определенного уровня в иерархической системе нового миропорядка. Также необходимо учесть, что в процессе ускорения глобальных трансформационных преобразований произойдет новое распределение сил, ресурсов, приоритетов, изменение ролей, появление новых технологий. Кроме того, прогнозируется, что сам переходный период станет болезненным и будет характеризоваться нарастанием кризисов, военных конфликтов, техногенных и природных катастроф.

Точно определить дату завершения переходного периода к новому мировому порядку и новой мирохозяйственной модели устойчивого развития проблематично, так как крупномасштабные трансформации мирового развития по своей природе являются сложными и трудно прогнозируемыми процессами, которые одновременно происходить не могут. Поэтому очень важно для исследователей правильно определиться как с характеристиками пространственного развития, так и с временными параметрами.

Таким образом, необходимость правильного и своевременного решения вопросов системной сложности обосновывается не только их актуальностью, но и прежде всего их жизненной необходимостью для того, чтобы выжить и обеспечить свое существование.

Огромную опасность для человеческой цивилизации представляют не только глобальные угрозы, связанные с экологией и климатическими изменениями, но и антропологический кризис человечества, виртуализация общества, психологическое загрязнение духовно-нравственной сферы человека и др.

Остановимся кратко на основных вызовах и угрозах человеческой цивилизации в условиях сложности, неопределенности и неустойчивости.

Огромным разрушительным вызовом для человечества является системный антропологический кризис, который грозит расчеловечиванием естественной природы человека, мировоззрения и сознания его духовно-нравственной основы, а также массового распространения техногенной экспансии на гуманитарную сферу. Мы отодвинули на второстепенный план духовный мир человека, что запустило процесс обнуления естественной природы человека и его духовно-нравственного мира. И эту нишу заполнили эгоцентризм и паразитизм, которые становятся такой чертой постиндустриальной глобализации, как привилегированность. То, что мы считаем прогрессом, создавая общество кибернетики, оптимизации, роботизации, цифровизации, искусственного интеллекта, в плане цивилизационной эволюции человечества прогрессом не является. Наоборот, эти процессы разрушают естественные связи человека с биосферой планеты Земля, лишают общество гармонии с природой, ведут человечество по тупиковому пути развития, все больше удаляя его от формирования естественного общества на основе метапсихологических технологий. Результатом глобализации является рост противоречий как внутри отдельных наций, стран, так и целых цивилизаций, что в конечном итоге привело к противоречию планетарного масштаба между человечеством и биосферой Земли.

Кроме того, происходящие трансформационные процессы современности характеризуется ростом конфликтности и конфронтационности в условиях биологических, энергетических, климатических, экологических ограничений. И самое главное – происходит исчерпание универсальных ресурсов: чистого воздуха, питьевой воды и экологически чистых продуктов питания.

Все это вместе делает наше будущее еще менее предсказуемым и опасным, существенно повышая уровень стрессовой нагрузки на общество. Ведь мировое сообщество пока еще не определилось, в какой именно системе глобальных координат, на какой мировоззренческой идеологии и духовно-нравственной основе будет создаваться новый мировой порядок, новая система международной безопасности и новая модель цивилизационного и мирохозяйственного развития. Правильная комбинаторика междисциплинарного, системного, трансдисциплинарного, космопланетарного подходов и научного прогнозирования позволяет нам предвидеть динамику развития событий, процессов и явлений в жизни мира и более точно ориентировать действия ведущих акторов на мировой арене с целью минимизации негативных явлений и нейтрализации угроз.

Игнорирование международного права и экологического императива только усугубляет системный кризис человеческой цивилизации и затягивает всю цивилизацию в турбулентную воронку. А.Д. Урсул, анализируя причины, которые привели к глобальному антропоэкологическому кризису, заметил, что: «Кризис возник на всем Земном шаре, в один и тот же исторический период, и в этом нельзя обвинять ни одно правительство, какую-то отдельную страну или группу стран. В настоящее время социально-экологическая ситуация на планете продолжает ухудшаться, приближаясь к критическому и даже кризисно-катастрофическому уровню».

России необходимо предложить мировому сообществу новую цивилизационную парадигму.

В условиях капиталистической системы, идеологии роста потребления и отсутствия ноосферного мышления современные поколения, по сути, живут займы за счет будущих поколений.

«Будущая теория устойчивого развития должна оказаться гораздо шире и системнее, чем это представляет большинство ученых, которые занимаются «устойчивой» проблематикой».

Как утверждают И.В. Ильин и А.Д. Урсул, «устойчивая модель развития цивилизации неизбежно потребует дальнейшего расширения пространственной сферы деятельности человечества, включая завершение процесса глобализации и освоение внеземных пространств. Космическая деятельность должна будет подчиняться экологическим императивам. Только в этом случае возможно сохранение биосферы, предполагающее существенное (почти на порядок) уменьшение антропогенного давления на биосферу, чтобы соответствовать ее экологической емкости».

Сложной проблемой, оказывающей негативное воздействие на массовое сознание людей, является и «виртуализация» общества, когда вместо отображения реальности мы получаем ее симуляцию. Формируется определенная картина мира, которая не соответствует реальному миру и ничем – ни прямыми, ни обратными связями – с ним не связана. Это своего рода мираж, в котором отсутствует ре-

альная система пространственно-временных координат, и человеку невозможно осознать естественной ход событий и процессов.

Освоение пространственно-ресурсного потенциала планеты, практическое истощение определенных видов естественных природных ресурсов настолько изменили среду проживания человека, что экологический дисбаланс будет крайне трудно устранить. Это также результат системно-комплексного осознания происходящих процессов и еще недостаточно познанных нами закономерностей взаимодействия природы и общества. Поэтому нужны новые концептуальные и научные подходы, чтобы обеспечить гармонизацию сосуществования человека с природой.

Таким образом, проблемы обеспечения выживания человечества в этом неустойчивом и быстро меняющемся мире являются самыми жизненно важными. Если человечеству не удастся решить проблемы обеспечения существования, выживания, то может случиться, что все остальные проблемы уже некому будет решать. Во всяком случае, человек к этому уже будет не причастен.

Происходит рост актуальности взаимосвязи между изменением климата и погодой. Особый интерес в этом плане представляет глобальная оценка науки об изменении климата. Ведущие климатологи мира отмечают, что концентрации углекислого газа, метана и закиси азота в атмосфере повысились до глобальных масштабов в результате деятельности человека. «С 1750 года, и сейчас, далеко превосходят допромышленные значения, определенные по кернам льда, охватывающим многие тысячи лет».

Освоение природных ресурсов не должно превышать пороговых значений естественных пределов биоемкости планеты. Поэтому новая модель мирохозяйственной системы обязана предусматривать механизм ведения хозяйственной деятельности в пределах параметров обеспечения

устойчивости емкости биосферы. Это позволит сохранить биосферу и ее биоразнообразие. На *рис. 2* мы видим, что скорость утраты биоразнообразия, исчезновения видов, которые играют фундаментальную роль в стабилизации и регуляции природной среды, уже в 10 раз превысили допустимое пороговое значение.

Глобальное повышение концентрации углекислого газа обусловлено в основном использованием ископаемых видов топлива и изменениями в землепользовании.

Глобальная концентрация самого важного антропогенного парникового газа (углекислого) в атмосфере увеличилась с 280 ppm³ в доиндустриальную эпоху до 400 ppm³ в 2020 году (*рис. 2*). В 2015 году концентрация углекислого газа в атмосфере значительно превышает естественный диапазон за последние 650 тыс. лет (180–300 ppm), определенный по кернам льда.

Межправительственная группа экспертов по изменению климата пришла к выводу, что: «Потепление климатической системы – неоспоримый факт, что очевидно из наблюдений за повышением глобальной средней температуры воздуха и океанов,

широко распространенным таянием снега и льда, повышением глобального среднего уровня моря». В качестве доказательства группа приводит факты наблюдений многочисленных долговременных изменений климата в масштабах континентов, регионов и океанов. Приведенные факты своей точностью и достоверностью подтверждают изменения арктической температуры льда, количества осадков, солености океана, ветровых режимов, засухи, сильных осадков, волн тепла, интенсивности тропических циклонов.

Безнравственное и нерациональное освоение пространственно-ресурсного потенциала планеты привело к тому, что социально-экономическое развитие, которому мы аплодируем, на самом деле происходит за счет существенного сокращения природных ресурсов, деградации экологической системы и подрыва устойчивости буферных зон биосферы планеты. Идеология роста потребления, погоня за прибылью и избыточные потребности настолько сильно изменили саму среду проживания человека, что эта среда из пояса безопасности человека превратилась в угрозу для его существования. Все это стало результатом недостаточно познанных нами закономерностей взаимодействия природы и общества, по причине того, что наука очень сильно запаздывает с ответами на вопросы по нейтрализации глобальных вызовов и угроз безопасности человеческой цивилизации.

Поэтому на первый план выходят проблемы обеспечения выживания человечества в этом неустойчивом и быстро меняющемся мире. Выживание – это первый уровень безопасности, это борьба объекта безопасности – человека, общества, государства за жизнь, за дальнейшее существование при резкой перемене условий окружающей среды, когда объект безопасности оказался в сложной или угрожающей жизни ситуации.



Рис. 2. Нарушение буферных систем биосферы. Границы планеты – «предел прочности». Источники данных: [4], [5].

Проведенный анализ сравнительных характеристик основных центров силы (РФ, США, КНР, Индии, ЕС) по интегральному индикатору способности к выживанию показывает, что только две страны США (70.3) и Россия (69.2) находят-

ся в удовлетворительной зоне, а КНР (59.8), ЕС (58.9), Индия (41.7) находятся по данному показателю в неудовлетворительной зоне (табл. 1).

Таблица 1.

Сравнительные характеристики основных центров – силы способности к выживанию. Источник данных: расчеты автора.

	 Россия	 США	 Китай	 Индия	 ЕС
Географические условия	97,0	80,0	42,2	14,5	64,7
Население	43,7	83,6	62,2	33,3	75,6
Природные ресурсы	95,0	54,4	22,6	13,5	21,4
Экономический потенциал	51,3	63,3	69,2	54,2	57,2
Оборонительные силы (обычные)	52,1	65,6	57,8	41,8	56,3
Ядерный потенциал	100,0	90,0	54,0	40,5	52,8
Глобальная конкурентоспособность	66,7	83,7	73,9	61,4	72,4
Национальная мораль	58,0	49,0	70,0	63,0	56,3
Уровень счастья	67,5	83,1	70,6	38,8	70,6
Рейтинг безопасных стран	60,8	50,7	75,1	55,7	61,3
Общая оценка	69,2	70,3	59,8	41,7	58,9

■ - оптимальная зона
■ - удовлетворительная зона

■ - неудовлетворительная зона
■ - опасная зона

■ - критическая зона

В отношении России особое беспокойство вызывают два очень уязвимых показателя, которые находятся в неудовлетворительной зоне. Это население (43.7) и экономический потенциал (51.3). Показатель населения является самым низким в общей оценке, которая обусловлена прежде всего демографическим кризисом и продолжает приближаться к границе опасной зоны. Относительно экономического потенциала следует отметить, что из-за низкого качества и эффективности стратегического управления существует разрыв между экономической мощью и экономическим потенциалом российской экономики. Мы считаем, что самым слабым звеном в системе экономической безопасности является монетарно-финансовая подсистема и политика, проводимая финансово-экономическим блоком государства, которая не позволяет эффективно и своевременно обеспечить реализацию потенциала национальной экономики России в условиях современных вызовов и угроз.

Экстраполяция событий военной истории России подтверждает, что основными причинами ведения против нее войн были экспансия на ее территорию, стремление завладеть ее ресурсами и богатствами. «Современной угрозой для России является то, что только она обладает реальными, а не мнимыми ресурсами современного мира, необходимыми для обеспечения выживания и устойчивого развития. Другие страны такими ресурсами не обладают, поэтому у них будет всегда соблазн на экспансию территории России».

Этот вывод объясняется тем, что по запасам природных ресурсов США (54.4) находятся в неудовлетворительной зоне. В США большинство граждан живут в долг. Диспропорция между количеством денежной долларовой массы в США и количеством товарной массы в мире катастрофична. Это сигнализирует о приближении мирового финансово-экономического кризиса. По показателю природные ресурсы Китай с оценкой (22.6) и ЕС (21.4) находятся в неудовлетворительной зоне, а Индия (13.5) находится в критической зоне (табл. 1). В этих государствах и государствах ЕС существует огромный дефицит природных ресурсов, которые быстро истощаются и не смогут покрыть потребности ни населения, ни экономики. Кроме того, экономика ЕС уже третий год находится в рецессии, а сам ЕС переживает глубокий системный кризис, что было спровоцировано наложением циклов трех кризисов: институционального,

духовно-нравственного и безопасности. Таким образом, чтобы человечеству выжить, сначала необходимо преодолеть системный цивилизационный кризис.

Ресурсы можно взять только у того, у кого они есть. А это Россия (95), которая по запасам природных ресурсов занимает первое место в мире и находится в оптимальной зоне. Проблема состоит в том, что Запад может взять природные ресурсы в России путем заключения взаимовыгодных торгово-экономических соглашений на эквивалентной основе, обеспечивающей равенство. Но реально такого обмена не происходит и не произойдет, пока существует моноцентричная модель мироустройства. Запад продолжит использовать неокOLONиальный механизм использования ресурсов суверенных государств с применением силовой компоненты. Решение данной проблемы мы видим в консолидации геополитического потенциала стран БРИКС+, которые выступают за формирования нового мирового порядка на основе полицентричного мира. Это в свою очередь должно обеспечить мирное сосуществование разных стран и цивилизаций, а также их устойчивое развитие на основе новой справедливой мирохозяйственной модели.

Также считаем необходимым предостеречь страны и народы от иллюзий в отношении того, что элита Запада может преобразоваться к лучшему и выведет человечество на реальную, а не мнимую траекторию устойчивого развития. Такой сценарий маловероятен. Практика подтверждает, что предложенная Западом модель устойчивого развития продемонстрировала свою несостоятельность. Ни одна из заявленных целей к 2030 году выполнена не будет. Наоборот, ситуация только усугубляется во всех трех сферах устойчивого развития – социальной, экономической, экологической. Ученые сообщают о том, что уровень опасности достиг планетарного масштаба, цивилизация доведена до системного кризиса, увеличивается расслоение между богатыми и бедными, экологическая нагрузка существенно превысила пороговые значения основных буферных зон биоемкости планеты. Поэтому существующий путь – это путь деградации, и в конечном итоге – катастрофы. Нужно идти другим жизненным путем, путем безопасности и развития.

Стратегические цели и система принципов по формированию полицентричного мира, реальный потенциал стран БРИКС+ и 41% их доли в мировой экономике, которая продолжит увеличиваться, свидетельствуют о том, что они способны решить эту сложную проблемную ситуацию. В отношении роли России следует подчеркнуть, что она может участвовать в формировании новой архитектуры мирового порядка не только своим потенциалом безопасности, пространственным развитием и запасами природных ресурсов, но и прежде всего тем, что может представить новую парадигму мироустройства. Для этого России необходимо реализовать свою цивилизационную миссию, суть которой заключается в сохранение человеческой цивилизации, биологического разнообразия, обеспечении комплексной безопасности, мирного сосуществования и гармоничного развития человечества и биосферы планеты (рис. 3).

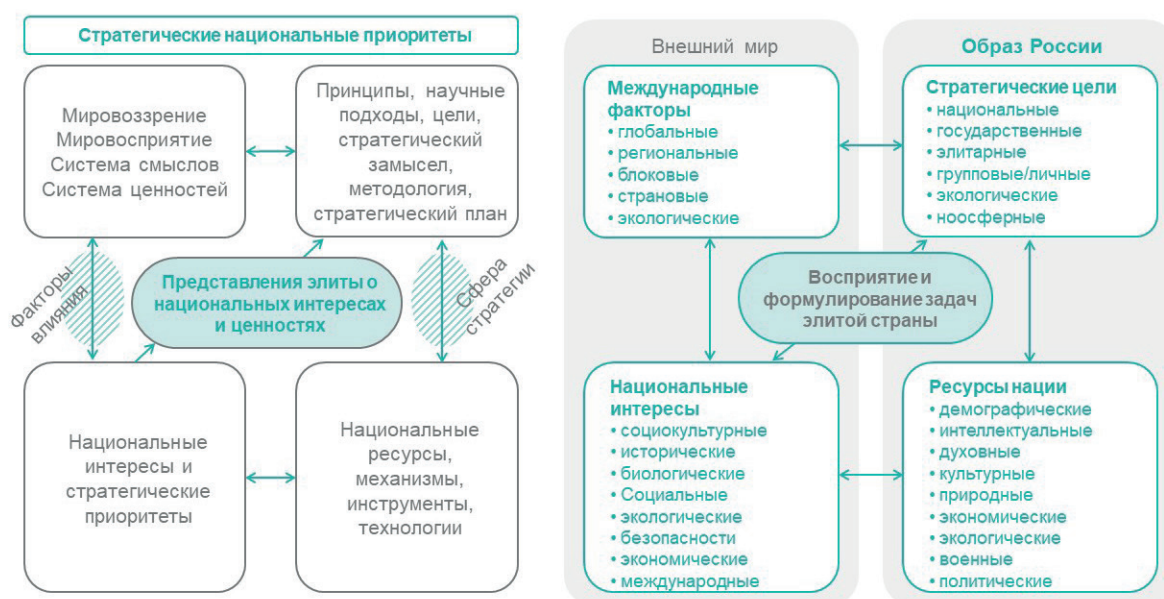


Рис. 3. Цивилизационные аспекты экологической безопасности: миссия России.

После того, как Россия решит данные задачи и вопросы безопасности на национальном уровне, она перейдет к преобразованию процессов устойчивого развития на региональном и глобальном уровне по вектору: СНГ, ШОС, БРИКС, Большая Евразия, предложив мировому сообществу апробированное в странах БРИКС новое мировоззрение, новую систему ценностей, систему смыслов и систему стратегических целей, новую парадигму обеспечения социо-эколого-экономической безопасности и принципиально новую модель устойчивого развития. Уровни безопасности новой модели устойчивого развития России и основные характеристики фаз жизненного пути системы национальной экономики представлены в *табл. 2*.

Методология новой модели устойчивого развития представляет собой органическое единство общемировоззренческих, общенаучных и общеметодологических принципов, а также синтез междисциплинарного, системного, трансдисциплинарного, космопланетарного подходов и научного прогнозирования. Это позволяет нам предвидеть развитие событий, процессов и явлений в жизни мира и более точно ориентировать действия ведущих акторов на мировой арене, с целью минимизации негативных явлений и нейтрализации опасностей.

Исходя из общей теории систем, следует помнить, что цель самосохранения экономической системы вторична по отношению к цели самосохранения биосферы.

В этом плане Т.А. Акимова справедливо указывает на то, что кроме целого ряда ограничений, являющихся пределом для дальнейшего экстенсивного развития (территориальные, исчерпаемость природных ресурсов, экологическая угроза и т.д.), существуют ограничения «темпорально-го характера, связанные с пространственными пределами,

очень часто ставящие временной финал развитию тех или иных процессов на Земле, в том числе и существованию человечества. «Рыночное расширение», прежде всего рост рынков и другие параметры экономического роста, завершают свою экспансию в сужающемся и в принципе ограниченном мире планеты».

При построении новой модели устойчивого развития России темпы роста ВВП безусловно важны, но не сами по себе, а их структура, целеуказание по природе их формирования, величина нагрузки на окружающую природную среду на каждую единицу прироста ВВП, а самое главное то, как обеспечивается рост полезной мощности социально-эколого-экономической системы, которая осуществляется за счет повышения эффективности. При этом темпы потребления не могут превышать темпы роста полезной мощности. Поэтому при определении пороговых значений и характеристик фаз жизненного пути устойчивости системы кроме темпов роста ВВП предложены показатели полезной мощности. Это позволит оценивать динамику диссипативных и антидиссипативных процессов, а также

Таблица 2.

Уровни безопасности новой модели устойчивого развития России

Фазы жизненного пути системы		Темпы роста ВВП (полезная мощность), %	Циклы, годы	Характеристики
Цели	Устойчивое развитие	≥7,3	7-14	Устойчивый темп роста полезной мощности, полная реализация потенциала государства, порядок, долголетие, свобода творчества
	Развитие	5 – 7,2	7-11	Доверие к власти, активная жизнь, рост качества жизни, развитие среды жизни
	Рост (интенсивный)	2,8 – 4,9	5-7	Удовлетворительное и безопасное социально-экономическое развитие, поддержание необходимого уровня жизни населения
Антицели	Стагнация, возникновение опасности	≤0 – 2,7	4-7	Замедление темпов роста, снижение качества управления, финансово-экономический шок, конъюнктурный кризис
	Спад, нарастание опасности	0 – -5	3-5	Спад мощности, структурный кризис, спад уровня жизни, исчерпание технологических возможностей и потенциала роста
	Деградация, угроза распада	-6 – -16	3-4	Системный финансово-экономический и социальный кризис, резкий спад уровня и качества жизни, недоверие к власти
	Распад, смертельная угроза	-17 – -30	2-3	Распад финансово-экономической системы, нищета, рост смертности, хаос, распад целостности, разрушение среды жизни

определять соответствие заданных параметров эффективности стратегического управления в части повышения уровня и качества жизни населения и качества окружающей природной среды в едином контуре безопасности на входе и выходе каждой фазы жизненного цикла системы (табл. 1).

Кроме того, заданные параметры новой модели устойчивого развития должны разрабатываться на основе естественных законов метаболизма, гомеостаза и нообиогеноза, что позволит обеспечить жизнеспособность и целостность биологических и физических естественных систем, изменить траекторию экологического следа и сохранение биосферы планеты.

Поэтому данную проблему необходимо решать на фундаментальном, системном уровне. И помочь нам в этом может российская научная школа таких выдающихся ученых как В.В. Докучаев, Н.Ф. Федоров, А.П. Федотов, К.Э. Циолковский, В.И. Вернадский, А.Л. Чижев-

ский, С.А. Подолинский, В.С. Соловьев, П.А. Флоренский, Р.О. Бартини, Н.А. Бердяев, Б.Е. Большаков, Л.М. Гумилев, В.М. Глушков, П.Г. Кузнецов и др. Для разработки модели устойчивого развития мы предлагаем использовать систему пространственно-временных величин (Р.О. Бартини и П.Г. Кузнецова). Поэтому матрицу пространственного развития России предлагается представить в ЛТ-системе, которая является определенной системой координат, существующей в реальном мире, как результат взаимодействия времени и пространства. «ЛТ-система, в которой качество – это пространственно-временная размерность и единица измерения, а количество – это численное значение величины. Законы этой системы могут служить фундаментальной основой обеспечения национальной безопасности и устойчивого развития России».

По нашему убеждению, к научной концепции Р.О. Бартини, П.Г. Кузнецова, Б.Е. Большакова необходимо добавить концепцию биоцентризма, что позволит глубже познать природу жизни и сознания. Ведущие мировые ученые Роберт Ланц и астроном Боб Берман предлагают выйти за рамки западной науки и посмотреть на мир с точки зрения биоцентризма. Согласно этому новому подходу «жизнь и сознание – главные, фундаментальные основы нашего понимания Вселенной, а не запоздалый и незначительный результат безжизненных физических процессов в течение миллиардов лет». И уже на основе синергии этих научных концепций и принципов ноосферы формировать новую парадигму безопасности и устойчивого развития.

Литература

1. **Т.А. Акимова**
О банкротстве всемирной дипломатии в целях устойчивого развития / Исторический аспект / Научно-популярный журнал. Экология и жизнь.
2. **А.Д. Урсул**
Стратегические приоритеты, 2014, 1, с. 31–40.
3. Изменение климата-2007: научно-физическая основа. Межправительственная группа по изменению климата, 2007.
4. **А. Акаев**
Феноменологическая теория роста населения Земли профессора С.П. Капицы. МГУ им. М.В. Ломоносова. Институт математических исследований сложных систем. Факультет глобальных процессов. Москва-2025.
5. **В.П. Мельников, Л.В. Константиновская, П.П. Кузнецов, В.А. Поляченко, Г.П. Шибанов**
Планетарная безопасность человечества. Научное монографическое издание. Научн. ред. Проф. Мельников В.П.-М.: ООО «БУКИ ВЕДИ», 2014.
6. **Л.Э. Слуцкий, М.И. Кротов, В.И. Мунтиян**
Россия и евразийская интеграция в многополярном мире: монография/Л.Э. Слуцкий, М.И. Кротов, В.И. Мунтиян. – Москва: Издательство Московского университета, 2025. – 294.
7. **М.И. Кротов, В.И. Мунтиян**
Проблемы современной экономики, 2025, 1(93) 2025, с. 20–26.
8. **Б.Е. Большаков**
Избранные труды. Методология науки устойчивого развития Жизни в применении к системам различной природы/ Б.Е. Большаков. – М.: РАЕН, 2022. – 424 с.
9. **А.С. Галушка, А.К. Ниязметов, М.О. Окулов**
Кристалл роста к русскому экономическому чуду. – М., 2021.- 360 с.
10. **Р. Ланца**
Биоцентризм / Роберт Ланца, Боб Берман; [перевод с англ. Г. Власова. – Москва: Эксмо, 2021. – 256 с.
11. **В.И. Мунтиян**
Информационная парадигма. – Киев: Издательство «КВИЦ». – 632 с.
12. **В.И. Мунтиян**
Евразийские экономические трансформации в преодолении цивилизационного кризиса : монография / Валерий Иванович Мунтиян. – К. : КВИЦ, 2015. – 1048 с.

English

Environmental protection and ensuring ecological safety: civilizational paradigm

Valeriy I. Muntiyev

Professor, VEB Institute

31 Novinsky Boulevard, Moscow, 123242, Russia

muntiyev@gmail.com

Abstract

The article examines scientific approaches to solving modern problems of environmental protection and ensuring environmental safety. The main challenges and threats in the field of environmental safety are analyzed from the standpoint of a systems approach. The threshold values characterizing the levels of sustainable development are designated. Recommendations for ensuring environmental safety at both the national and international levels are proposed.

Keywords: environment, environmental safety, challenges and threats, sustainable development.

Images and tables

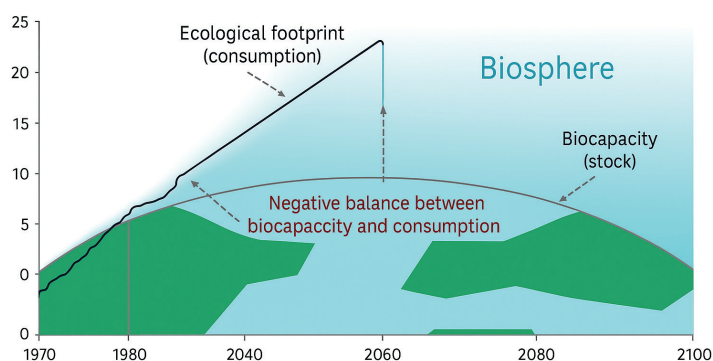


Fig. 1. Earth's biological capabilities and human needs.

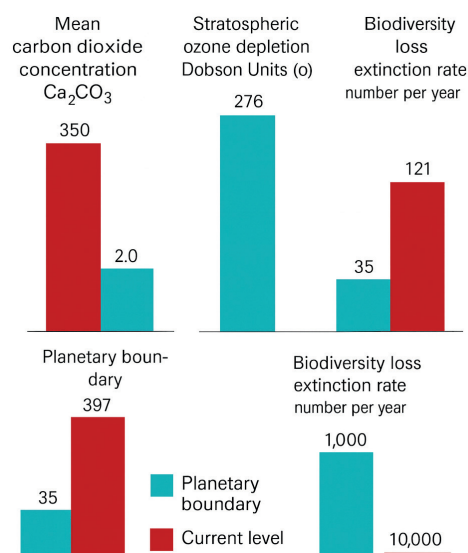


Fig. 2. Disruption of biosphere buffer systems. Data sources: [4], [5].

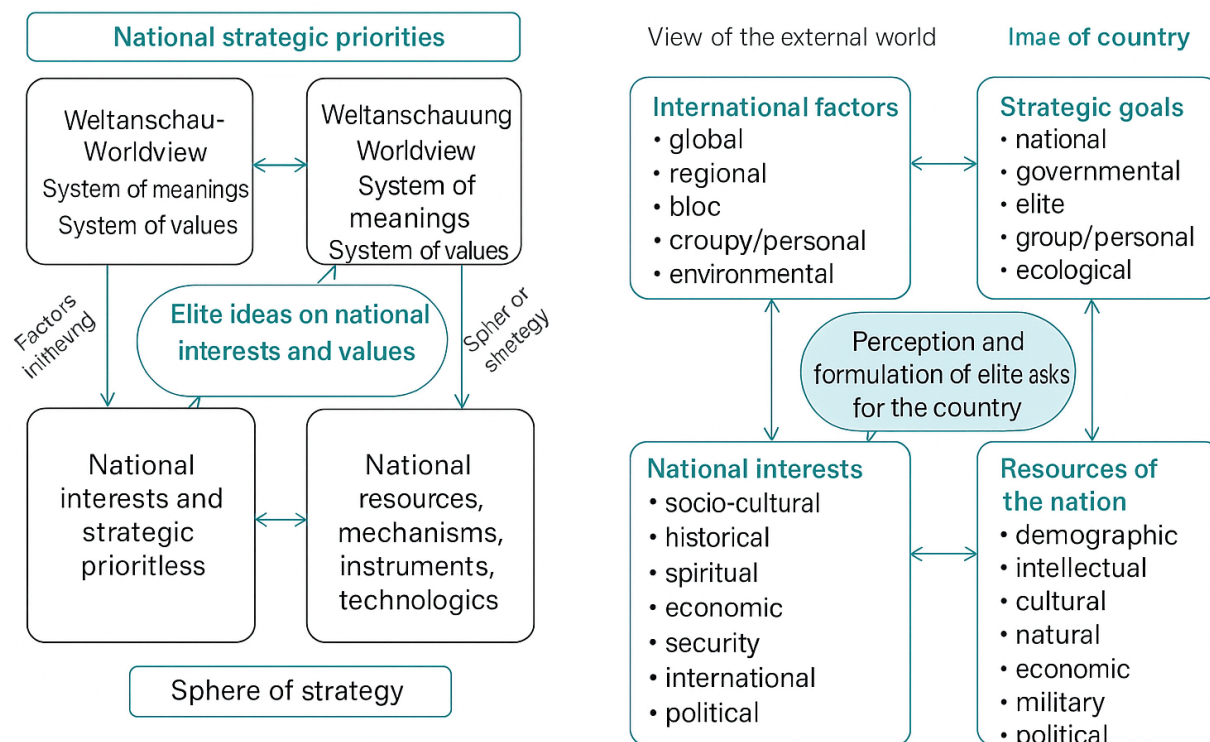


Fig. 3. Civilization aspects of environmental safety: the mission of Russia.

Table 1.

Comparative characteristics of the main centers of power – survival capacity. Data source: author's calculations

	Russia	USA	China	India	EC
Geographic condition	97,0	80,0	42,2	14,5	64,7
Population	43,7	83,6	62,2	33,3	75,6
Natural resources	95,0	54,4	22,6	13,5	21,4
Economic capacity	51,3	63,3	69,2	54,2	57,2
Military forces (normal)	100,0	80,0	54,0	40,5	52,8
Nuclear potential	88,7	83,7	73,9	61,4	72,4
Global competitiveness	66,7	83,7	73,9	61,4	72,4
National morals	58,0	49,0	70,0	63,0	56,3
Power status	67,5	83,1	70,8	38,8	70,6
Safety rating of countries	60,8	50,7	75,1	55,7	61,3
Average indicator	69,2	70,3	59,8	41,7	58,9

Optimism Zone
 Satisfactory
 Dangerous
 Critical

Satisfactory
 Dangerous

Table 2.

The security levels of Russia's new sustainable development model

	Phases of the system's lifepath	GDP growth rates (useful power). %	Cycles, years	Characteristics
Antigoals	Sustainable development	≥ 7.3	7-14	Sustainable rate of useful power growth, complete realization of the potential state
	Development	5 – 7.2	7-11	Trust in power, active life, quality of life growth, prolongation of the environment
Antigoals	Stagnation arising of danger	$\leq 0 - 2.7$	4-7	Slowing down growth rates, management quality reduction, financial-economic shock
	Decline, danger build-up	0 – -5	3-5	Power decline, structural crisis, living standards decline, living standards decline and growth relay
	Degradation threat of disintegration	-6 – -16	3-4	Systemic financial-economic and social crisis, sharp decline in living standards and life environment delay
	Disintegration, mortal threat	-17 – -30	2-3	Financial-economic system disintegration, poverty, death rate growth, chaos, integrity destruction, life environment destruction

References

1. T.A. Akimova
O bankrotstve vsemirnoj diplomatii v tselyah ustojchivogo razvitiya // Istoricheskiy aspekt. Nauchno-populyarny zhurnal. *Ekologiya i zhizn'*. (in Russian).
2. A.D. Ursul
Strategicheskie priority, 2014, 1, p. 40. (in Russian).
3. Izmenenie klimata-2007: nauchno-fizicheskaya osnova/ Mezhpripravitel'stvennaya gruppa po izmeneniyu klimata. – 2007. (in Russian).
4. A. Akaev
Fenomenologicheskaya teoriya rosta naseleniya Zemli professora S.P. Kapitsi / MGU im. M.V. Lomonosova; Institut matematicheskikh issledovaniy slozhnykh sistem; Fakultet global'nyh protsessov. – M., 2025. (in Russian).
5. V.P. Melnikov, L.V. Konstantinovskaya, P.P. Kuznecov, V.A. Polyachenko, G.P. Shibanov
Planetarnaya bezopasnost' chelovechestva. Nauchnoe monograficheskoe izdanie. Nauchn. red. Profnikov V.P., – M.: OOO «BUKI VEDI», 2014, p. 370. (in Russian).
6. L.E. Sluckiy, M.I. Krotov, V.I. Muntiyani
Rossiya i evraziyskaya integraciya v mnogopolyarnom mire: monografiya/L.E. Sluckiy, M.I. Krotov, V.I. Muntiyani. – Moskva: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 2025. – 294. (in Russian).
7. M.I. Krotov, V.I. Muntiyani
Problemy sovremennoj ekonomiki, 2025, 1(93), pp. 20–26. (in Russian).
8. B.E. Bol'shakov
Izbrannye trudy. Metodologiya nauki ustojchivogo razvitiya Zhizni v primeneni k sistemam razlichnoj prirody. – M.: RAEN, 2022. – 424 p. (in Russian).
9. A.S. Galushka, A.K. Niyazmetov, M.O. Okulov
Kristall rosta k russkomu ekonomicheskomu chudu. – M., 2021. – 360 p. (in Russian).
10. R. Lanza
Biocentrism / Robert Lanza, Bob Berman; [translated from English by G. Vlasov. – Moscow: Eksmo, 2021. – 256p.
11. V.I. Muntiyani
Informaciennaya paradigma. – Kiev: Izdatel'stvo «KVITS». – 632 p.
12. V.I. Muntiyani
Evraziyskie ekonomicheskie transformacii v preodolenii civilizatsionnogo krizisa : monografiya / Valerij Ivanovich Muntiyani. – K. : KVITS, 2015. – 1048 p.

Экологическое благополучие населения в странах БРИКС-9

С.Н. Найден, Ю.В. Криводубова

Наличие возросшей социально-экономической дифференциации по сложившимся условиям жизни и уровню экологической безопасности населения в каждой из стран БРИКС-9 актуализирует сравнительный мониторинг национальных экологических характеристик с учетом существующих международных стандартов и нормативов. В статье анализируется динамика индикаторов, отражающих экологическое благополучие населения и специфику социально-экономического развития стран, входящих в объединение стран БРИКС-9. Показано, что на фоне сохранения высокого уровня различий между странами по ключевым индикаторам экологического благополучия населения наблюдается их позитивная динамика, но остаются проблемы вредного экологического воздействия. Обосновано, что каждой из стран в составе БРИКС-9 необходимо расширять комплекс мер, направленных на сокращение экологически-неблагоприятного воздействия и улучшение экологических характеристик жизни населения.

Ключевые слова: экологические условия, благополучие, качество жизни населения, БРИКС, экологические показатели, природно-экологические ресурсы.

Присоединение в 2024 г. к межгосударственному объединению БРИКС (Бразилии, России, Индии и Китая с 2006 г. и Южно-Африканской Республики (ЮАР) с 2011 г.), четырех новых стран-участниц – Объединенных Арабских Эмиратов (ОАЭ), Ирана, Египта и Эфиопии, способствовало увеличению степени разнообразия внутри объединения по уровню социально-экономического развития [1], включая характеристики условий и уровня жизни населения.

Анализируя социально-экономический потенциал объединения с точки зрения глобального влияния, следует отметить, что по оценкам международных организаций по состоянию на 2024 г. в странах БРИКС проживало 45% населения земного шара и производилось 35% мирового ВВП, рассчитанного по паритету покупательной способности. В 2023 г. на долю БРИКС-9 приходилось 22% мирового экспорта товаров. В структуре совокупных показателей ВВП и экспорта очевидна доминирующая

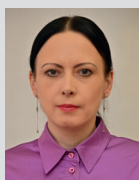
позиция Китая, ВВП которого превосходит совокупный ВВП остальных восьми стран-участниц БРИКС, а экспорт насчитывает две трети от суммарного экспорта БРИКС-9. С учетом присоединившихся с 2024 г. Ирана и ОАЭ, БРИКС как объединение увеличило долю в мировой добыче нефти с 20% до 30%.

С расширением состава стран-участниц в БРИКС-9 возросла и дифференциация стран по ключевым показателям социально-экономического развития и характеристикам качества жизни населения. Существенный разрыв в уровне жизни населения стран БРИКС-9, которые по индексу человеческого развития (ИЧР) занимают позиции от 17-ой до 176-ой в рейтинге 193 стран мира, объективно обусловлен наличием сложившихся различий в природно-географическом, социально-демографическом и экономическом потенциалах. Тем не менее, в числе важнейших аспектов качества жизни населения выделяется экологическое благополучие, привлекающее сегодня всё больше внимания вследствие возникших глобальных вызовов экологической безопасности под влиянием изменения климата, роста потребления природных ресурсов, негативных последствий от ухудшения состояния окружающей среды, что в целом негативно отражается на жизни и здоровье человека.

Преодоление сложившихся различий в части обеспечения экологически благополучных условий для жизни населения остается актуальной социально-экономической задачей для всего БРИКС. Это связано не только с преобла-



НАЙДЕН
Светлана Николаевна
профессор, д.э.н.,
Институт экономических
исследований ДВО РАН



КРИВОДУБОВА
Юлия Валерьевна
м.н.с.,
Институт экономических
исследований ДВО РАН

данием практически во всех странах городского населения и наличием крупных мегаполисов, но и с сохранением дифференциации по экологическому благополучию, связанному с доступом населения к экологически чистым жизненно необходимым ресурсам (воздуху, питьевой воде, санитарным услугам, жилью, электроэнергии).

Экологическое благополучие в контексте устойчивого развития

Одной из основных концепций, рассматривающих экологическое благополучие, является концепция устойчивого развития, обеспечивающая баланс процессов экономического роста, социального прогресса и ответственности за окружающую среду [2]. Именно в концепции устойчивого развития делается упор на такой социально значимый компонент как доступ населения к питьевой воде и услугам санитарии, на чем сфокусировано внимание в одной из целей устойчивого развития ООН (ЦУР 6). Водоснабжение и санитария рассматриваются как один из наиболее конкретных и тревожных процессов проявления в современном мире экологической несправедливости, когда неравноправные в социально-экономическом отношении общества перекладывают большую часть экологического ущерба на население с низким доходом, социально уязвимые слои населения, дискриминируемые расовые группы и меньшинства. Концепция права человека на воду и санитарию служила мощным инструментом для движений за социальную и водную справедливость в некоторых странах Латинской Америки и Европы [3]. Проблемы с водоснабжением и санитарией в первую очередь связаны с неэффективными системами управления и политикой, что приводит к неравномерному распределению ресурсов и относительно низкому уровню предоставления услуг [4].

Экологическое благополучие характеризует состояние здоровья, окружающей природной среды, условий жизнедеятельности, при которых развитие человека, будущих поколений, населения, общества и государства экологически безопасно и обеспечено качественными экосистемными услугами. Создание высоких стандартов экологического благополучия населения является одним из требований, которое во многих странах мира фиксируется на конституционном уровне. Экологическое благополучие человека как разновидность социального благополучия достигается за счет конституционной экологизации экономики [5], которая понимается как универсальный способ воздействия природоохранных норм Конституции на общественные отношения за счет внедрения конституционных экологических требований во все направления жизнедеятельности людей, усиления природоохранной составляющей в отраслях права, гармонизации отношений общества и окружающей среды вне отраслевой принадлежности правовых институтов [6].

Обеспечение экологического благополучия населения осуществляется путем формирования экологического кон-

ституционализма [7], сохранения природных территорий и их развития, усиления роли органов государственной власти в обеспечении экологического благополучия населения во взаимосвязи с активизацией гражданского общества в вопросах охраны и защиты окружающей среды [5].

Институтом, призванным регламентировать взаимоотношения хозяйствующих субъектов с окружающей природной средой, является государство, которое одновременно выступает в качестве «полномочного представителя» в мировом сообществе, защищающего не только национальные интересы, но и интересы единой мировой социальной эколого-экономической системы. «Иными словами, к традиционным функциям государства добавляется задача недопущения физической гибели народонаселения от загрязнения окружающей среды, являющегося результатом их же деятельности. Современные технологии позволяют примирить между собой высокое качество жизни и бережное отношение к природным ресурсам. Отдельного внимания требует влияние экологического фактора на демографию. Научно доказано, что ухудшение экологии негативно сказывается на уровне рождаемости и здоровье населения в целом» [8].

Возрастающая антропогенная нагрузка на окружающую среду, сопровождающая интенсивный мировой рост производства товаров и услуг, вынуждает оценивать качество жизни с учетом сложившейся экологической ситуации [9]. Однако среди традиционных показателей, отражающих уровень и качество жизни населения, в том числе в формате ИЧР, экологические параметры чаще всего отсутствуют, что связано со сложностью их использования и интерпретаций. Исследователи указывают на возможность преодоления такого препятствия путём применения междисциплинарного подхода на основе знаний не только экологиче-

ской науки, но и гидрологии, химии, биологии, метеорологии и др. [10].

Современные оценки экономического развития, базирующиеся в основном только на экономических показателях, со временем могут привести к ухудшению состояния окружающей среды и истощению природных ресурсов, что в конечном итоге негативно скажется на общей результативности национальных экономик. Экологические задачи с точки зрения устойчивого развития должны сопягаться с целями социально-экономического развития. Без повышения качества экономического роста, обеспечивающего повышение доходов и уровня жизни, невозможно решение ни социальных, ни экологических, ни климатических задач [11]. Объективная оценка происходящих процессов, особенно в случае формирования будущих прогнозов, должна базироваться на синтезе технологического, экономического, социального и экологического подходов к развитию экономики страны и отдельных макрорегионов, что в целом может обеспечить комплексное решение проблем благосостояния государства и его граждан [12–13].

Научные оценки влияния экологического фактора на экологические характеристики территории проживания и условия жизни населения, в том числе в региональном разрезе, реализуются разными способами, также путем включения экологического фактора в индекс человеческого развития [10], использования механизма стандартизации [2], расчета технологической и экологической траекторий и определения их согласованности [13], расчета индекса качества жизни, дополненного фактором «зеленой» экономики как суммарного экономического эффекта от энергосбережения, снижения выбросов парниковых газов (углеродоемкости), степени чистоты атмосферного воздуха и поверхностных вод [9]. Эколого-экономические показатели, такие как коэффициенты эко-интенсивности и декарпинга, индикаторы

подушевой экологической нагрузки и социо-эколого-экономического благополучия, позволяют дать количественную оценку качества экономического роста с учетом экологического состояния, а также использоваться для сравнительного пространственного анализа социально-экономического неравенства [14].

Таким образом, экологическое благополучие можно рассматривать как один из факторов, оказывающий влияние на жизнедеятельность населения и характеризующий качество жизни. Поиск путей и средств достижения экологического благополучия является общемировой проблемой, и необходимость ее решения осознается всем человечеством [15], включая страны БРИКС.

Индикаторы экологического благополучия населения в странах БРИКС-9: сравнительный аспект

В странах БРИКС-9 проживает около 3.6 млрд чел., варьируя от минимума в ОАЭ (10.5 млн чел.) до максимума в Китае (1410.7) и Индии (1438.1). На долю Китая и Индии приходится теперь 80% численности населения всего объединения БРИКС. Практически во всех странах БРИКС (кроме Индии и Эфиопии) преобладает городское население, достигая доли горожан в структуре населения каждой из стран: свыше 65% в Китае и ЮАР, свыше 75% в России и Иране, свыше 85% в ОАЭ и Бразилии. В агломерациях с численностью свыше 1 млн чел. проживает 60% населения ОАЭ, 44.1% – Бразилии, 23.9% – России, в то время как в Индии и Эфиопии, где преобладает сельское население (63.6% и 76.8% соответственно), жители агломераций составляют только 16.7% (Индия) и 4.3% (Эфиопия).

Лесными ресурсами и ресурсами пресной воды, которые ассоциируются с естественной экологически чистой средой для проживания, страны БРИКС наделены в разной степени. К странам, испытывающим острый дефицит природно-экологических ресурсов, относятся, прежде всего, Египет, где площадь лесов составляет только 0.4 тыс. кв. км (0.04% территории страны), а забор пресной воды достигает 7750% от имеющихся пресноводных ресурсов, и ОАЭ, где лесами покрыто 3.2 тыс. кв. км (или 4.5% территории страны), а забор пресной воды составляет 1533.3%. Чуть менее остра, но напряжена ситуация в Иране, где лесные массивы занимают 6.6% от поверхности страны, а забор пресной воды уже достиг 72.3%. Среди стран БРИКС самыми благополучными с точки зрения перечисленных факторов являются Россия (49.8% от всей территории покрыты лесами, забор пресной воды составляет 1.5% от внутренних пресноводных ресурсов) и Бразилия (59.1% и 1.2% соответственно).

По структуре потребления пресной воды наиболее сбалансированное соотношение наблюдается в России, где примерно 44.8% от общего забора направляется на промышленное использование, а оставшийся объем примерно поровну распределяется между потреблением населения (26.4%) и сельского хозяйства (28.7%). В ОАЭ около 53% пресной

воды используется на бытовые нужды, 45.7% идет на сельскохозяйственные потребности. В остальных странах преобладает сельскохозяйственное использование пресной воды – в Китае, Бразилии и ЮАР на эти нужды используется немногим более 60% от общего забора по стране, а остальной объем примерно сбалансированно распределен между промышленностью и населением; в Иране, Египте, Индии и Эфиопии – около 80–90% потребляет сельское хозяйство, оставшийся незначительный объем расходуется на нужды населения (примерно 6–8% от общего забора), 0.5–2% идет в промышленность.

Ситуация с использованием населением экологически чистых услуг для удовлетворения жизненных потребностей в большинстве стран БРИКС может быть признана как стабильная.

Доступ и городского, и сельского населения к системам водоснабжения, включая подачу питьевой воды, обеспечен практически во всех странах БРИКС, за исключением ЮАР, где такой доступ имеет менее 85% сельского населения (несмотря на почти четырехкратное увеличение доли по сравнению с данными 2000 г.), и Эфиопия, где только половина населения имеет возможность воспользоваться питьевой водой (хотя доля горожан, получивших доступ к ресурсу, выросла в 3 раза по сравнению с 2000 г., а доля сельских жителей увеличилась почти в 6 раз).

Санитарные услуги (водоотведение и канализация) доступны более 90% населения ОАЭ, России, Китая, Ирана, Бразилии и Египта, в ЮАР и Индии такие услуги распространены только для 77.5–78.5% населения, в отличие от Эфиопии, где ими охвачено менее 10% населения. Тем не менее, всеми странами БРИКС достигнут ощутимый прогресс по обеспечению санитарными услугами, как для городского, так и для сельского населения. Критически низкие показатели по доступу к средствам личной гигиены и мытья рук имеют Эфиопия (только 8.3% населения могут воспользоваться такой услугой), ЮАР (44.4%) и Индия (76.3%).

Более низкие показатели доступа населения ЮАР, Индии и Эфиопии к услугам водоснабжения, обеспечения безопасной питьевой водой, санитарным услугам и средствам для мытья рук коррелируют с более высокими показателями смертности в этих странах, от 3.4% в ЮАР до 6.1% в Индии и Эфиопии, что связано с использованием небезопасной воды, отсутствием санитарных условий и гигиены.

Вопросы жилищных условий городского населения для некоторых стран БРИКС стоят достаточно остро. Согласно доступной статистике, в 2020 г. в трущобах Бразилии проживало около 15% городского населения, ЮАР – около 25%, Индии – почти 50%, а в Эфиопии данный показатель превысил 64% (хотя в случае Эфиопии наблюдается некоторое улучшение ситуации – с 2000 г. доля населения, соответствующего критериям проживания в трущобах, сократилась почти в 1.5 раза с 92.2% до 64.3%).

Практически полностью предоставлен доступ населению к электричеству в ОАЭ, России, Китае, Иране, Бразилии,

Египте и Индии. Несмотря на отставание по доле жителей, имеющих доступ к электроэнергии, положительная динамика наблюдается в ЮАР (с 72.4,3% в 2000 г. до 87.7% в 2023 г.) и Эфиопии (с 12.7% до 55.4% соответственно), где до сих пор сохраняется самый низкий уровень обеспеченности электрической инфраструктурой.

Относительно доступа населения к экологически чистым видам топлива и технологиям приготовления пищи следует отметить, что всё население ОАЭ и России использует чистые технологии. В странах БРИКС с высоким ИЧР и в Индии за последние 20 лет ситуация существенно улучшилась – от 95% и выше городского населения обеспечено чистыми технологиями. Очевиден прогресс доступа к таким технологиям сельского населения, доля пользователей среди которых увеличилась в 3.4 раза в Китае (достигнув 75.8% от всех проживающих в сельской местности), в 2.4 раза в ЮАР (71.4%), примерно в 1.5 раза в Бразилии (83.1%) и Египте (99.9%), на 10.3 п.п. в Иране (93.4%). Наибольший прирост произошел в Индии, где доля сельских жителей, получивших доступ к экологически чистым видам топлива и технологиям приготовления пищи, выросла в 9.2 раза (достигнув 62.5%). В числе аутсайдеров пока остается Эфиопия, где аналогичные показатели для сельского населения остаются на самом низком уровне (0.6% от всех проживающих в сельской местности), демонстрируя пока улучшение только в городской среде, где доступ к экологическим технологиям приготовления пищи достиг 28.6% от численности всех горожан.

Самой серьезной проблемой для всех стран БРИКС является проблема загрязнения воздуха, что в целом соответствует общемировой тенденции – в 2023 г. только 7 стран в мире по состоянию атмосферы соответствовали безопасным стандартам ВОЗ.

В 2024 г. в первую двадцатку стран с наиболее загрязненным

воздухом вошли сразу 3 страны БРИКС – Индия, Египет и ОАЭ. На девять стран БРИКС совокупно приходится более 50% мировых выбросов CO₂. По выбросам углекислого газа и метана в БРИКС лидирует Китай – 13259.6 и 1814.2 млн тонн CO₂-эквивалента соответственно. Высокие выбросы углекислого газа сохраняются в Индии (2955.2 и 848.5) и России (2069.5 и 478.8). В пересчете на душу населения наиболее высокий показатель по выбросам CO₂ наблюдается в ОАЭ (19.6 тонн CO₂-эквивалента) и России (14.4). У стран с высоким рейтингом ИЧР этот показатель находится в пределах 6.3–9.4 тонн CO₂, в Индии – 2 тонны CO₂, в Эфиопии – 0.1 тонны CO₂ на душу населения.

Самый высокий показатель смертности, связанной с загрязнением воздуха и окружающей среды по данным на доковидный 2019 г., демонстрируют ОАЭ, где вклад данной причины в общую смертность составляет 72.9% в целом по стране. В Эфиопии, Индии, Египте, Иране и Китае эти показатели фиксируются официально значительно ниже и составляют 21.5%, 20.9%, 18.2%, 13% и 12.7% соответственно. Наиболее благополучными с точки зрения здоровья и жизни населения выглядят Россия и Бразилия, где уровень смертности от причин, связанных с загрязнением воздуха, составляет соответственно 5.7% и 4.7%.

Именно загрязнение воздуха остается самой серьезной экологической угрозой для здоровья населения. По данным ВОЗ, около 99% мирового населения проживает в районах, которые не соответствуют рекомендуемым уровням качества воздуха. Загрязнение воздуха – это второй по значимости глобальный фактор риска смертности, так, загрязнение воздуха частицами PM_{2.5} стало причиной 58% смертей, связанных с загрязнением воздуха.

По показателям загрязнения атмосферного воздуха тонкодисперсной пылью (мелкодисперсными ча-

стицами PM_{2.5}, способными проникать в нижние отделы респираторного тракта, повышенная концентрация которых ведет к увеличению респираторных и сердечнососудистых заболеваний, а также снижению продолжительности жизни и росту преждевременной смертности), для большинства стран БРИКС характерно превышение в несколько раз безопасной нормы ВОЗ, за исключением России (в среднем 11.3 мкг на куб. м), где сохраняется самое низкое отклонение от нормы, и Бразилии (в среднем 12.2 мкг на куб. м). Вредному воздействию подвержено полностью всё население стран БРИКС, кроме России (около 90% населения) и Бразилии (около 70% населения). Если рассматривать ситуацию в разрезе мониторинга достижения промежуточных целей ВОЗ, то в условиях концентрации частиц PM_{2.5}, превышающей безопасный уровень в 3.5 раза, проживает от 77% до 99.9% населения ОАЭ [16], Китая [17], Египта, Индии [18] и Эфиопии. В то время как в Иране [19] доля такого населения составляет 49.6%, в ЮАР – 6.2%, в Бразилии – 2%, а в России – только 0.8%. Кроме России и Бразилии, во всех странах БРИКС при возрастании вредной концентрации токсичных частиц PM_{2.5} от 10 до 35 мкг на куб. м доля населения, подверженного вредному воздействию, снижается приблизительно до 50% в Иране, 77–85% в Китае, Индии и Эфиопии, а в ОАЭ и Египте остается без изменения на уровне около 100%.

Стоит отметить, что по состоянию на 2023–2024 гг. Россия являлась единственной страной БРИКС, в которой качество воздуха по показателям среднегодового воздействия частиц PM_{2.5} соответствовало безопасным нормам ВОЗ.

Потенциал реализации экологической политики в странах БРИКС

Экологическая повестка занимает значимое место в государственной политике многих стран мира, включая страны БРИКС, поскольку глобальный характер экологических проблем требует масштабных и безотлагательных решений. Задачи по обеспечению наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех (ЦУР 6); всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех (ЦУР 7); открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов (ЦУР 11); принятия срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями (ЦУР 13) – среди общих глобальных приоритетов устойчивого социального развития в рамках ЦУР ООН.

Страны БРИКС осознают важность интеграции концепции устойчивого развития в свои национальные стратегии и мировое сотрудничество. Важной частью этой концепции является соблюдение экологически устойчивых принципов при реализации экономических и социальных программ. Они также признают серьезные вызовы, связанные с изменением климата, активно участвуя в международных климатических соглашениях, внедряют меры по сокра-

щению выбросов парниковых газов, развитию возобновляемых источников энергии и адаптации к изменению климата.

Страны БРИКС работают над снижением негативных воздействий на окружающую среду, связанных с экономической активностью. Это включает в себя более эффективное использование ресурсов, улучшение стандартов качества воздуха и воды, а также устранение загрязнения и вырубку лесов. Усилия государств БРИКС сосредоточены на реализации проектов устойчивого развития – возобновляемой энергетике, обеспечении доступа к чистой воде и улучшении условий жизни в сельских районах.

Тем не менее, позиции стран БРИКС-9 в рейтинге по индексу экологической эффективности (ИИЭ) показывают, что ни одна из стран БРИКС-9 не вошла в первый квартиль мирового рейтинга из 180 стран. Наилучших результатов по ИЭЭ добились Бразилия, ОАЭ и РФ, которые занимают соответственно 47-е, 53-е и 83-е места во втором квартиле рейтинга ИЭЭ. В последний четвертый квартиль вошли Эфиопия, Китай и Индия – на 151-й, 156-й и 176-й позициях соответственно. Оставшиеся страны – Египет, ЮАР и Иран – находятся в первой половине второго квартиля.

Наиболее существенные расхождения по позициям в ИЧР и ИЭЭ показали две страны БРИКС – Бразилия (существенно лучше по ИЭЭ, чем по ИЧР) и Китай (существенно хуже по ИЭЭ, чем по ИЧР).

Тенденцию улучшения позиций в рейтинге ИЭЭ всех стран БРИКС-9 в течение последних 10 лет можно рассматривать в качестве свидетельства того, что предпринимаемые меры на национальном уровне в каждой из стран оказывают определенное положительное воздействие на состояние окружающей среды и стабилизацию экологической обстановки вне зависимости от уровня жизни населения и демографических характеристик каждой из стран, а также наделённости стран БРИКС-9 естественными природно-экологическими факторами.

При этом перед всеми странами БРИКС стоит много общих социальных задач, связанных с качеством и экологическими условиями жизни населения. БРИКС является уникальным по своему составу объединением стран, куда входят две самые густонаселенные страны мира – Индия и Китай, две страны с самыми большими запасами пресной воды в мире – Бразилия и Россия. Лидирующие позиции в мире по расширению доступа населения к чистым технологиям приготовления пищи занимают три страны БРИКС – Бразилия, Китай, Индия, а две – ОАЭ и Бразилия – достигли степени урбанизации населения около 90%. Одновременно три страны БРИКС – Индия, Египет и ОАЭ – продолжают входить в первую двадцатку стран с наиболее загрязненным воздухом в мире.

Справедливо отметить, что усилия стран БРИКС направлены на борьбу с изменением климата, осуществление энергоперехода на чистые источники энергии, сохранение природных ресурсов и улучшение качества жизни миллионов людей. Несмотря на принимаемые меры, экологические

проблемы продолжают оставаться серьезным вызовом и население многих стран БРИКС-9 продолжает испытывать на себе его негативные последствия.

Одним из решений экологических проблем, связанных с качеством жизни людей, может стать активное интегрирование в проекты совместного сотрудничества БРИКС, стимулируя взаимную внешнюю торговлю товарами, услугами и технологиями между странами, а также в социальную повестку объединения.

Заключение

Таким образом, представленный аналитический обзор экологических условий, в которых осуществляется жизнь и деятельность населения стран БРИКС-9, показывает, что, несмотря на разное сочетание факторов, обуславливающих экологически неблагоприятные обстоятельства, всем без исключения странам БРИКС необходимо вести работу над комплексом мер, направленных на сокращение экологически-вредного воздействия на жизнь населения с учетом специфики каждой страны.

Для населения Эфиопии продолжают остро стоять вопросы, связанные с обеспечением питьевой водой, качественными санитарными услугами и экологически чистыми технологиями приготовления пищи. В Эфиопии и Индии свыше половины населения нуждается в улучшении жилищных условий, соответствующих безопасным санитарным нормам, и, несмотря на уже достигнутый существенный прогресс в решении вопросов экологического благополучия, они продолжают оставаться на повестке дня.

Наиболее существенной для экологического благополучия населения БРИКС остается проблема загрязнения воздуха, вызванного техногенным воздействием. Сразу три страны объединения – ОАЭ, Египет и Индия вошли в первую десятку стран мира с наиболее загрязненным воздухом, и именно в них вместе с Эфиопией наблюдается наиболее высокая

смертность, связанная с загрязнением воздуха в жилых помещениях и окружающей среды.

Важным является пример стран БРИКС, подтверждающий, что высокий уровень жизни не всегда подразумевает экологически безопасную среду для населения. В наибольшей степени это относится к загрязнению атмосферы, которое в большинстве стран БРИКС значительно превышает

безопасные для здоровья человека концентрации, вне зависимости от позиции страны в рейтинге ИЧР.

Наблюдая в дальнейшем за объединением БРИКС, можно будет увидеть на практике, насколько успешны могут быть страны с разным уровнем жизни в решении экологических проблем и сможет ли их взаимодействие на общих площадках по широкому кругу вопросов, включая социальные и экологические аспекты, способствовать улучшению экологических условий жизни населения, в том числе через адаптацию в одних странах успешного опыта и достижений других стран-членов БРИКС.

Литература

1. А.Г. Сахаров
Вестник международных организаций, 2024, 19(1), с. 106–128.
DOI: 10.17323/1996-7845-2024-01-05
2. А.Ю. Янченко, Н.В. Андросенко, Г.Н. Иванова
Экономика региона, 2018, 14(2), с. 516–529.
DOI: 10.17059/2018-2-14.
3. A.P. Fracalanza, M.G.A. da Paz, E.M. Alves, A.A.R. Ioris
Front.Sustain.Cities, 2024, 6(1400042).
DOI: 10.3389/frsc.2024.1400042.
4. W.J. Cosgrove, F.R. Rijsberman
World Water Vision: Making Water Everybody's Business.
Publisher: Earthscan Publications Ltd., 2000, London.
DOI: 10.4324/9781315071763.
5. И.А. Алешкова
Аграрное и земельное право, 2022, 11(215), с. 60–64.
DOI: 10.47643/1815-1329_2022_11_60.
6. С.А. Боголюбов
Журнал российского права, 2018, 5(257), с. 16–25.
DOI: 10.12737/art_2018_5_2.
7. С.И. Коданева
Социальные и гуманитарные науки: Отечественная и зарубежная литература: ИАЖ. Сер. 4: Государство и право, 2023, 4, с. 109–122. DOI: 10.31249 /iajpravo/2023.04.08.
8. В.Е. Зуев
Фундаментальные исследования, 2013, 1(3), с. 812–817.
9. В.П. Ануфриев, Ю.В. Лебедев, М.Г. Старченко, А.И. Ячменева
Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление, 2014, 5, с. 73–82.
10. Е.В. Рюмина
Экономика региона, 2016, 12(4), с. 1113–1122.
DOI: 10.17059/2016-4-13.
11. Б.Н. Порфирьев
Научные труды ВЭО России, 2021, 1(227), с. 128–136.
DOI: 10.38197/2072-2060-2021-227-1-128-136.
12. Синтез научно-технических и экономических прогнозов: Тихоокеанская Россия – 2050 / под ред. П.А. Минакира, В.И. Сергиенко. Владивосток: Дальнаука, 2011. 912 с.
13. Ю.Г. Мыслякова, П.Д. Колотовкина, П.А. Шамакова
AlterEconomics. 2024, 21(4). с. 843–862.
DOI: 10.31063/AlterEconomics/2024.21-4.10.
14. I.P. Glazyrina, I.A. Zabelina
J. Sib. Fed. Univ. Humanit. Soc. Sci., 2021, 14(7), p. 1047–1062.
DOI: 10.17516/1997-1370-0784.
15. И.Н. Молчанов, Н.П. Молчанова
Экономика. Налоги. Право, 2019, 12(5), с. 32–43.
DOI: 10.26794/1999-849x-2019-12-5-32-43.
16. B. Modarress, A. Ansari, A. Ansari
Sustainability, 2020, 12(15), 6180. DOI: 10.3390/su12156180.
17. X. Lu, Sh. Zhang, J. Xing, Y. Wang, W. Chen, D. Ding, Y. Wu, Sh. Wang, L. Duan, J. Hao
Engineering, 2020, 6(12), p. 1423–1431.
DOI: 10.1016/j.eng.2020.03.014.
18. J. De Bont, B. Krishna, M. Stafoggia, T. Banerjee, H. Dholakia, A. Garg et al.
Lancet Planet. Health, 2024, 8(7), p. e433-e440.
DOI: 10.1016/s2542-5196(24)00114-1.
19. F. Taghizadeh, B. Mokhtarani, N. Rahmadian
Environ Monit Assess, 2023, 195(737).
DOI: 10.1007/s10661-023-11296-5.

English

Environmental Well-Being of the Population in the BRICS-9 Countries

Svetlana N. Naiden

Professor of RAS, Economic Research Institute,
Far Eastern Branch, RAS
153, Tikhookeanskaya St., Khabarovsk, 680042, Russia
nayden@ecrin.ru

Yulia V. Krivodubova

Economic Research Institute, Far Eastern Branch, RAS
153, Tikhookeanskaya St., Khabarovsk, 680042, Russia
krivodubova@ecrin.ru

Abstract

Increased social and economic differentiation in the existing living conditions and the level of environmental safety of the population in each of the BRICS-9 countries actualizes comparative monitoring of national environmental

characteristics taking into account existing international standards and regulations. The article analyzes the dynamics of indicators reflecting the environmental well-being of the population and the specifics of social and economic development of the BRICS-9 countries. It is shown that on the background of maintaining a high level of differences between countries in key indicators of environmental well-being of the population, their positive dynamics is observed, but problems of harmful environmental impact remain. It is substantiated that each of the BRICS-9 countries needs to expand the set of measures aimed at reducing the adverse environmental impact and improving the environmental characteristics of life of the population.

Key words: environmental conditions, well-being, quality of life of the population, BRICS, environmental indicators, natural and ecological resources.

References

1. **A. Sakharov**
International Organisations Research Journal, 2024, **19**(1), pp. 106–128. DOI: 10.17323/1996-7845-2024-01-05. (in Russian).
2. **A.Yu. Yanchenko, N.V. Androsenko, G.N. Ivanova**
Ekonomika regiona, 2018, **14**(2), p. 516–529.
DOI: 10.17059/2018-2-14. (in Russian).
3. **A.P. Fracalanza, M.G.A. da Paz, E.M. Alves, A.A.R. Ioris**
Front.Sustain.Cities, 2024, **6**(1400042).
DOI: 10.3389/frsc.2024.1400042.
4. **W.J. Cosgrove, F.R. Rijsberman**
WorldWater Vision: MakingWater Everybody's Business.
Publisher: Earthscan Publications Ltd., 2000, London.
5. **I.A. Aleshkova**
Agrarnoe i zemeljnoe parvo, 2022, **11**(215), p. 60–64.
DOI: 10.47643/1815-1329_2022_11_60. (in Russian).
6. **S.A. Bogolyubov**
Zhurnal Rossiskogo Prava, 2018, **5**(257), p. 16–25.
DOI: 10.12737/art_2018_5_2. (in Russian).
7. **S.I. Kodaneva**
Sotsialnye i gumanitarnye nauki: Otecjestvennaya I zarubezhnaya literatura: IAZh. Ser.4: Gosudarstvo i parvo, 2023, **4**, p. 109–122.
DOI: 10.31249 /iajpravo/2023.04.08. (in Russian).
8. **V.Ye. Zuev**
Fundamentalnye issledovaniya, 2013, **1**(3), p. 812–817. (in Russian)
9. **I.A. Anufriev, Yu.V. Lebedev, V.G. Starchenko, A.I. Yachmeneva**
Vestnik UrFU. Seriya: Ekonomika i upravlenie, 2014, **5**, p. 73–82. (in Russian).
10. **Ye.V. Ryumina**
Ekonomika regiona, 2016, **12**(4), p. S1113–1122.
DOI: 10.17059/2016-4-13. (in Russian).
11. **B.N. Porfirien**
Nauchniye trudy VEO Rossii, **1**(227), 2021, p. 128–136.
DOI: 10.38197/2072-2060-2021-227-1-128-136. (in Russian).
12. **The Synthesis of Scientific-Technological and Economic Forecasts: Pacific Russia – 2050**. Ed. by P.A. Minakir, V.I. Sergienko.
Vladivostok, 2011. 912 p. (In Russian).
13. **Yu.G.Myslyakova, P.D. Kolotovkina, P.A. Shmakova**
AlterEconomics, 2024, **21**(4), p. 843–862.
DOI: 10.31063/AlterEconomics/2024.21-4.10. (in Russian).
14. **I.P. Glazyrina, I.A. Zabelina**
J. Sib. Fed. Univ. Humanit. Soc. Sci., 2021, **14**(7), p. 1047–1062.
DOI: 10.17516/1997-1370-0784.
15. **I.N. Molchanov, N.P. Molchanova**
Ekonomika. Nalogi. Pravo., 2019, **12**(5), p. 32–43.
DOI: 10.26794/1999-849x-2019-12-5-32-43. (in Russian).
16. **B. Modarress, A. Ansari, A. Ansari**
Sustainability, 2020, **12**(15), 6180.
DOI: 10.3390/su12156180.
17. **X. Lu, Sh. Zhang, J. Xing, Y. Wang, W. Chen, D. Ding, Y. Wu, Sh. Wang, L. Duan, J. Hao**
Engineering, 2020, **6**(12), p. 1423–1431.
DOI: 10.1016/j.eng.2020.03.014.
18. **J. De Bont, B. Krishna, M. Stafoggia, T. Banerjee, H. Dholakai, A. Garg et al.**
Lancet Planet. Health, 2024, **8**(7), p. e433–e440.
DOI: 10.1016/s2542-5196(24)00114-1.
19. **F. Taghizadeh, B. Mokhtarani, N. Rahmadian**
Environ.Monit.Assess., 2023, **195**(737).
DOI: 10.1007/s10661-023-11296-5.

Экологическая устойчивость в странах БРИКС

Д.Х. Мухсимова

В статье рассматриваются экологическая устойчивость и климатическая политика стран БРИКС в контексте Повестки дня ООН до 2030 года и целей устойчивого развития. Подчеркивается двойственная роль этих стран как ключевых участников мировой экономики, формирующих значительную долю глобального ВВП и населения, но одновременно ответственных за около 50% выбросов CO₂. На основе анализа текущих стратегий декарбонизации, структуры выбросов и энергетических профилей Китая, Индии, России, Бразилии и Южной Африки, статья выявляет различия в подходах к «зелёному» переходу и оценке климатических рисков. Уделено внимание политике в области возобновляемых источников энергии, энергоэффективности и устойчивого финансирования. В заключение предложены конкретные рекомендации по расширению мандата Нового банка развития БРИКС, созданию системы климатического мониторинга, развитию государственно-частного партнёрства и разработке «Карт справедливого перехода» для углеродозависимых регионов. Статья подчёркивает важность согласованных действий стран БРИКС для достижения глобальных климатических целей и усиления их роли в формирующейся архитектуре устойчивого развития.

Ключевые слова: БРИКС, экологическая устойчивость, выбросы CO₂, зелёная трансформация, возобновляемая энергетика, климатическая политика.

В Повестке дня на период до 2030 года и целях в области устойчивого развития подчеркивается важность экологической устойчивости как одного из элементов общей устойчивости [1]. Вопросы снижения выбросов парниковых газов, перехода к низкоуглеродной экономике, охраны природных ресурсов и внедрения зелёных технологий приобретают всё большую значимость как на уровне отдельных государств, так и в международных интеграционных объединениях [2].

По данным Всемирного банка, страны БРИКС играют важную роль в мировой экономике, формируя около 25% мирового ВВП и более 40% населения планеты [3]. При этом на их долю приходится около 50% часть глобальных выбросов углекислого газа, а экологическая нагрузка в этих странах остаётся высокой. С другой стороны, БРИКС обладают высоким потенциалом для трансформации: они активно разрабатывают зелёные стратегии, внедряют технологии

устойчивого развития и участвуют в международных инициативах по климату и охране окружающей среды.

Страны БРИКС, обладая значительными территориями, численностью населения и уровнем индустриализации, вносят весомый вклад в глобальные выбросы, при этом демонстрируя разные подходы к экологическому регулированию и декарбонизации экономики.

Выбросы углекислого газа. Китай занимает первое место в мире по объёму выбросов углекислого газа – более 13 млрд тонн CO₂ [3] в год (более 33% мировых выбросов). Основными источниками являются угольная энергетика, промышленность и транспорт. Несмотря на высокий уровень эмиссий выбросы на душу населения – на 15% выше, чем в развитых странах [4], Китай активно инвестирует в развитие возобновляемой энергетики, занимает лидирующие позиции в производстве солнечных панелей и электромобилей и поставил цель достижения углеродной нейтральности к 2060 году.

Индия, опираясь на внутренние реформы и поддержку международных партнёров, добилась высокого роста возобновляемой энергетики – 175 ГВт установленных мощностей и планы достичь 500 ГВт к 2030 году. Важную роль сыграла развитая система климатического финансирования, включающая национальные фонды, «зелёные» облигации и участие в Международном солнечном альянсе. Несмотря на проблемы с доступом к энергии и нехваткой инвестиций, Индия использует инновационные механизмы и комплекс-



МУХСИМОВА
Дилафруз
Хикматуллаевна
к.э.н.,
Институт макроэкономических
и региональных исследований,
Узбекистан

ный подход, который может служить моделью для других развивающихся стран [5]. При этом уровень выбросов на душу населения остаётся одним из самых низких среди стран БРИКС – около 2 т CO₂/чел. (по сравнению с 10 т в России и более 9 т в Китае), что отражает структурные и социальные особенности индийской экономики.

Россия характеризуется относительно высоким уровнем выбросов на душу населения (около 10 т CO₂), что связано с энергоемкостью экономики, широким использованием ископаемого топлива и слабой дифференциацией энергетического баланса. Основные источники – электроэнергетика, промышленность (в частности металлургия и нефтехимия) и транспорт. Несмотря на имеющийся потенциал в области ВИЭ и энергоэффективности, Россия пока демонстрирует умеренные темпы экологической трансформации и сосредоточена на адаптационных мерах.

Бразилия демонстрирует, как включение социальных и экономических факторов в развитие возобновляемой энергетики позволяет формировать комплексные стратегии устойчивого развития. В 2022 году более 88% электроэнергии в стране было получено из возобновляемых источников (при среднемировом уровне около 32%), из них 63% – гидроэнергетика, чья доля снизилась с 87% в 2000 году за счёт роста биомассы, ветра и солнца. В результате Бразилия занимает особое место среди стран БРИКС, обеспечивая лишь около 2.5% совокупных выбросов CO₂ [3], при этом её энергетический сектор остаётся одним из наименее углеродоёмких [6].

Южная Африка остаётся одной из самых углезависимых экономик мира: уголь обеспечивает около 73% общего энергоснабжения и 90% электроэнергии, что делает её крупнейшим источником выбросов CO₂ в Африке и второй по углеродной интенсивности экономикой в мире, несмотря на сравнительно скромный вклад в выбросы среди стран БРИКС – около 2% (против 69% у Китая, 15% у Индии и 10% у России). При этом в пересчёте на душу населения выбросы превышают 6 тонн. Одновременно страна демонстрирует заметный прогресс в развитии возобновляемой энергетики: доля ВИЭ выросла более чем в 2.5 раза – с 5% до 13.2% в 2019–2024 гг., а производство солнечной энергии увеличилось с 4.9 до 20 ТВт·ч. В 2022 году Южная Африка запустила стратегию «Справедливый энергетический переход» (Just Energy Transition, JET), предусматривающую вывод из эксплуатации 34 ГВт угольных мощностей и ввод 18.2 ГВт «зелёных» к 2030 году при поддержке международных доноров и инвесторов (США, Великобритания, Франция, Германия и др.), что открывает возможности для постепенного снижения углеродной зависимости и формирования более сбалансированной энергетической структуры [7].

Таким образом, страны БРИКС существенно различаются по уровню выбросов CO₂ и подходам к декарбонизации. Китай и Индия лидируют по объёму эмиссий, при этом Китай активно инвестирует в ВИЭ, а Индия сохраняет низкий уровень выбросов на душу населения. Бразилия де-

монстрирует низкие выбросы за счёт развитой гидроэнергетики, а Южная Африка – высокий уровень выбросов на душу населения при растущей доле ВИЭ. Это подчёркивает необходимость индивидуальных стратегий декарбонизации и одновременного обмена технологиями и практиками в рамках объединения.

Промышленный сектор. Промышленная структура оказывает прямое влияние на объёмы выбросов. Китай и Индия формируют 54% промышленных выбросов региона, при этом основная нагрузка формируется за счёт тяжёлой промышленности и угольной генерации. Россия остаётся зависимой от нефтегазовой отрасли и энергоемких производств. Бразилия сталкивается с давлением на экосистемы, в основном из-за агропромышленного комплекса и экспансии землепользования. В Южной Африке значительная доля выбросов обусловлена угольной энергетикой и добывающим сектором.

Показатель энергоёмкости ВВП (кг нефтяного эквивалента на 1 000 долл. ВВП, в постоянных ценах) варьируется: в России (144.1) и Южной Африке (143.5) он остаётся высоким, что указывает на необходимость технологической модернизации. В Китае (125.2) и Индии (82.9) наблюдаются позитивные сдвиги, связанные с цифровизацией и мерами по энергоэффективности. Бразилия (77.4) показывает относительно благоприятные значения, частично благодаря широкому использованию гидроэнергии.

Страны БРИКС приняли на себя обязательства по сокращению выбросов в рамках Парижского соглашения [8] и обновили свои национально определённые вклады. Китай обязался достичь пика выбросов к 2030 году и добиться углеродной нейтральности к 2060 году. Индия нацелена на достижение 50% доли ВИЭ в энергобалансе к 2030 году. Россия заявила о достижении углеродной нейтральности к 2060 году, при этом план декарбонизации остаётся менее конкретизированным. Бразилия

декларирует цели по снижению выбросов в агросекторе и предотвращению обезлесения. Южная Африка, в рамках международной поддержки (JET), планирует ускоренную декарбонизацию угольной энергетики.

Зелёная трансформация затрагивает ключевые секторы – транспорт, промышленность и сельское хозяйство. В Китае и Индии активно развиваются программы по электрификации транспорта и повышению энергоэффективности предприятий. Бразилия фокусируется на биоэтаноле и устойчивом землепользовании. Южная Африка запускает климатически устойчивые проекты в энергетике и транспорте, в то время как Россия делает ставку на лесной потенциал и добровольные углеродные рынки.

Достижение климатических целей во многом зависит от доступности финансовых ресурсов. Китай – мировой лидер по инвестициям в возобновляемую энергетику, включая солнечные, ветровые и водородные технологии. Индия также активно привлекает частные и международные инвестиции, в том числе через «зелёные» облигации. Бразилия и ЮАР развивают устойчивое финансирование при поддержке международных фондов и банков развития. В России существуют элементы климатического финансирования, но масштаб остаётся ограниченным; в 2021 году запущены первые зелёные облигации, однако рынок пока в стадии формирования.

Все страны БРИКС являются участниками Парижского соглашения и регулярно участвуют в международных климатических форумах. В последние годы отмечается стремление усилить коллективный голос БРИКС по вопросам устойчивого развития и справедливого энергетического перехода. Несмотря на различия в уровнях развития и климатических вызовах, страны БРИКС продвигают идею «общих, но дифференцированных обязательств», акцентируя право развивающихся

стран на устойчивое экономическое развитие при международной поддержке.

Несмотря на значительный прогресс, страны БРИКС сталкиваются с рядом барьеров, затрудняющих реализацию экологической повестки. Среди них – недостаточная институциональная координация, ограниченный доступ к финансированию, технологическая зависимость от развитых стран и нехватка данных для оценки климатических рисков. Уровень внедрения ESG-стандартов (экологической/Environmental, социальной/Social и управленческой/Governance) и механизмов устойчивого регулирования остаётся фрагментарным.

Тем не менее, существует значительный потенциал для кооперации: обмен технологиями и практиками «зелёного» регулирования, совместные научные и финансовые инициативы, развитие региональных цепочек поставок в сфере ВИЭ. Блок БРИКС также может играть более активную роль в глобальной климатической архитектуре, выступая с согласованными позициями по вопросам «зеленого» финансирования, справедливого перехода и трансфера технологий. Интеграция ESG-подходов и широкое внедрение зелёных технологий (водород, «умные» сети, ресурсосбережение, восстановление экосистем) способствуют не только экологическим, но и социально-экономическим целям: созданию рабочих мест, повышению энергоне­зависимости, укреплению устойчивости к климатическим рискам.

Проведённый анализ показал, что экологическая эффективность и климатическая политика стран БРИКС демонстрируют как общие тенденции (усиление климатических обязательств, развитие ВИЭ, повышение энергоэффективности), так и существенные различия в стратегиях, институтах и результатах. Китай и Индия опережают другие страны по масштабам инвестиций и технологическим инновациям, в Бразилии имеется потенциал биоэнергетики, Россия и ЮАР находятся на этапе структурной адаптации. Перспективы экологической модернизации требуют преодоления внутренних барьеров, расширения доступа к устойчивому финансированию и укрепления климатических институтов. Предлагается для дальнейшего развития следующее:

1. Новый банк развития (NDB) БРИКС может стать ключевым инструментом климатического финансирования: расширение его мандата на поддержку зелёных инвестиций позволит отказаться от создания новых структур, минимизировать организационные издержки и оперативно направлять ресурсы на реализацию проектов устойчивого развития.

Климатический мандат NDB может включать финансирование государственных и частных инициатив по снижению выбросов парниковых газов, повышению энергоэффективности, переходу на возобновляемые источники энергии и адаптации к изменению климата. Также важно разработать специальные инструменты – «зелёные облигации» с гарантией NDB и субсидированные кредитные линии для проектов в развивающихся частях стран БРИКС. Данная

мера обеспечит синергию с уже принятыми международными обязательствами в рамках Парижского соглашения и ускорит внедрение технологий устойчивого развития в ключевых секторах экономики.

2. Формирование системы климатических индикаторов и мониторинга в рамках БРИКС. Для повышения прозрачности климатической политики стран БРИКС и координации их усилий предлагается создать единую цифровую платформу климатического мониторинга на основе регулярного сбора и публикации экологических данных. Такая система может быть оформлена как Климатический регистр БРИКС, в который страны вносят официальную статистику по выбросам CO₂, использованию возобновляемых источников энергии, энергоёмкости ВВП, доле зелёных инвестиций и другим ключевым индикаторам.

Платформа должна действовать на основе международно признанных методик и быть интегрирована в национальные стратегии стран БРИКС. Это обеспечит сопоставимость, доступность и научную обоснованность данных, укрепит доверие между участниками объединения, а также облегчит взаимодействие с международными организациями и донорами.

3. Укрепление механизмов государственно-частного партнёрства (ГЧП) в ВИЭ с международными гарантиями. Для ускоренного перехода к низкоуглеродной экономике странам БРИКС необходимо создать благоприятные условия для притока частных инвестиций в сектор возобновляемой энергетики. Ключевым условием этого является повышение предсказуемости и защищённости инвесторов через систему гарантий возврата инвестиций, предоставляемых при поддержке NDB и международных финансовых институтов (например, Всемирного банка).

Одновременно рекомендуется реализовать пилотные программы «зелёных аукционов», в рамках которых частные компании смогут получить долгосрочные контракты на поставку «зелёной» энергии с фиксированными тарифами. Особое внимание должно быть уделено регионам, где уголь по-прежнему доминирует в энергобалансе. Развитие устойчивого

государственно-частного партнёрства в ВИЭ станет не только источником сокращения выбросов, но и драйвером экономического роста, занятости и технологической модернизации.

4. Разработка «Карт справедливого перехода» для углеродозависимых регионов. Осуществление зелёной трансформации должно учитывать не только экологические, но и социальные аспекты. В этой связи предлагается внедрить обязательную практику разработки «Карт справедливого перехода» в каждом государстве БРИКС. Эти карты должны содержать: детальный анализ уязвимых территорий и отраслей (угольная и тяжёлая промышленность, транспорт); оценку потенциальных социальных и экономических последствий от сокращения выбросов; механизмы поддержки: переобучение кадров, развитие альтернативной занятости, льготные программы для малого и среднего бизнеса, поддержка миграции трудовых ресурсов в другие сектора экономики.

Особую роль в этих процессах должны играть региональные органы власти и институты развития [9]. Важно, чтобы каждый проект по декарбонизации имел социальный «анализ последствий», что позволит превратить зелёную повестку из угрозы в источник устойчивого роста и социальной справедливости.

Литература

1. *Review of mainstreaming environmental sustainability across organizations of the United Nations system : report / prepared by Gopinathan Achamkulangare ; Joint Inspection Unit.* – [New York] : United Nations, 2020. – 67 p.
2. *United Nations Environment Programme. Emissions Gap Report 2023: Broken Record – Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again).* – Nairobi, 2023. DOI: 10.59117/20.500.11822/43922.
3. World Bank. World Development Indicators. (<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>).
4. *International Energy Agency. CO₂ Emissions in 2023.* – 2023.
5. *G. Nagoji* IJFMR, 2025, 7(2).
6. *A. Veronese da Silva, C.J. Carneiro* Renew. Energy, 2025, **248**, Article 122996. DOI: 10.1016/j.renene.2025.122996.
7. *P. Mirzania, J.A. Gordon, N. Balta-Ozkan, R.C. Sayan, L. Marais* Energy Res. Soc. Sci., 2023, **101**, Article 103122. DOI: 10.1016/j.erss.2023.103122.
8. United Nations Framework Convention on Climate Change. The Paris Agreement.
9. *Н.Е. Бондаренко* Прогрессивная экономика, 2024, **8**, с. 19–33. DOI: 10.54861/27131211_2024_8_19.

Environmental Sustainability in BRICS Countries

Dilafroz Kh. Mukhsimova

Institute for macroeconomic and regional Studies
33, Khadra area, Tashkent, 100011, Republic of Uzbekistan
mdh_dimond@mail.ru

Abstract

This article explores environmental sustainability and climate policy in the BRICS countries within the framework of the UN 2030 Agenda for Sustainable Development. It highlights the dual role of BRICS nations as major players in the global economy – accounting for a significant share of global GDP and population – while also being responsible for approximately 50% of global CO₂ emissions. Based on an analysis of current decarbonization strategies, emission structures, and energy profiles of China, India, Russia, Brazil, and South Africa, the article identifies diverse national approaches to green transition and climate risk management. Particular attention is paid to renewable energy policies, energy efficiency measures, and sustainable financing. The conclusion offers detailed policy recommendations, including expanding the BRICS New Development Bank's mandate to cover climate investments, establishing a unified climate monitoring system, promoting public-private partnerships in renewable energy, and developing Just Transition Roadmaps for carbon-dependent regions. The study emphasizes the importance of coordinated BRICS action in achieving global climate goals and strengthening their position in the emerging architecture of sustainable development.

Keywords: BRICS, environmental sustainability, CO₂ emissions, green transition, renewable energy, climate policy.

References

1. *Review of mainstreaming environmental sustainability across organizations of the United Nations system* : report / prepared by Gopinathan Achamkulangare ; Joint Inspection Unit. – [New York] : United Nations, 2020. – 67 p.
2. *United Nations Environment Programme. Emissions Gap Report 2023: Broken Record* – Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again). – Nairobi, 2023.
DOI: 10.59117/20.500.11822/43922.
3. World Bank. World Development Indicators. (<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>).
4. *International Energy Agency. CO₂ Emissions in 2023*. – 2023.
5. *G. Nagoji*
IJFMR, 2025, 7(2).
6. *A. Veronese da Silva, C.J. Carneiro*
Renew. Energy, 2025, **248**, Article 122996.
DOI: 10.1016/j.renene.2025.122996.
7. *P. Mirzania, J.A. Gordon, N. Balta-Ozkan, R.C. Sayan, L. Marais*
Energy Res. Soc. Sci., 2023, **101**, Article 103122.
DOI: 10.1016/j.erss.2023.103122.
8. United Nations Framework Convention on Climate Change. The Paris Agreement.
9. *N.E. Bondarenko*
Progressive Economy, 2024, **8**, pp. 19–33. (In Russian).

Финансовое обеспечение экологического развития и сотрудничества стран БРИКС

Н.П. Молчанова

В статье рассматривается позиционирование международного интеграционного объединения БРИКС в мировой экономике. Исследуются особенности экономического положения и финансового обеспечения стран-членов БРИКС в контексте актуализации вопросов экологического развития и продуктивного взаимодействия в условиях изменяющейся геополитической ситуации. На основе анализа современного этапа развития и экономического состояния стран-членов БРИКС сделаны выводы об укреплении сотрудничества в финансовой сфере и повышении актуальности вопросов экологической повестки в контексте достижения ориентиров Целей устойчивого развития Организации Объединенных Наций. Сформулированы концептуальные выводы о необходимости создания сбалансированного природоохранного финансового механизма, выбора приоритетных направлений инвестирования экологических проектов и обоснования ключевых векторов развития международного сотрудничества в сфере рационального природопользования и охраны окружающей среды.

Ключевые слова: экономическое развитие, интеграционный союз, международное сотрудничество, финансовое обеспечение, экологические проблемы, страны-члены БРИКС.

Введение

Одной из особенностей современного этапа мирового развития является формирование международных объединений государств, основанных на взаимодействии и экономическом сотрудничестве. Так, одним из успешно сотрудничающих и активно развивающихся интеграционных союзов является коалиция БРИКС. Этапы ее создания и современные экономические достижения государств-участников описаны в работе [1]. Актуальные проблемы и перспективы развития БРИКС исследуются учеными МГУ им. М.В. Ломоносова под руководством академика РАН В.А. Садовниченко [2]. В настоящее время странами-членами БРИКС являются десять стран, географически расположенные в разных регионах мира, различных природно-климатических зонах, имеющие особенности государственного и административно-территориального устройства, специфику хозяйства и населения.

Однако организация хозяйственной деятельности на территории каждого из государств осуществляется на основе национального нормативно-правового обеспечения. Потому для согласованного ведения хозяйственной деятельности странами-членами коалиции БРИКС требуется серьезная синхронизация соответствующих нормативных положений и правовых документов. Помимо этого, необходимо наличие координирующего органа, наблюдающего за соблюдением всех установленных законодательством процедур и согласований. В связи с ухудшением экологической ситуации в мире вопросы согласо-

вания правовых норм в сфере природопользования приобретают особую остроту.

БРИКС как коалиция государств мира с формирующейся экономикой

В современном мире в условиях непредсказуемого роста геополитических рисков на смену старому миропорядку приходит новая конфигурация международных отношений. Объединение БРИКС активно развивается в мировой экономической системе. По состоянию на начало 2025 г. коалиция БРИКС охватывает примерно 30% мирового рынка, имеет площадь около 39.7 млн км², что составляет около 35% общей площади Земли. На страны-члены БРИКС приходится 43% населения мира (3.6 млрд человек). Совокупный ВВП достиг 32% общемирового (25 трлн долларов США), а внешнеторговый оборот составляет 23% мирового товарооборота (10 трлн долларов США). И влияние коалиции на ме-



МОЛЧАНОВА
Наталья Петровна
профессор, к.э.н.,
МГУ им. М.В. Ломоносова

Таблица 1. Валовый внутренний продукт (ВВП) стран БРИКС с 1990 по 2024 г., в млрд долларов США¹

Страна / год	1990	2000	2010	2020	2024
Бразилия	455.3	655.4	2230.0	1476.1	2310.0
Россия	574.1	278.1	2200.0	1400.0	2160.0
Индия	326.6	476.6	1708.4	2670.0	3989.0
Китай	398.6	1211.3	6040.0	14 687.0	18 800.0
ЮАР	260.0	132.9	363.7	751.1	403.0
Итого:	2014.6	2754.3	12 542.1	20 984.2	27 662.0

ждународной арене продолжает расти. Именно по этой причине изучение положения стран БРИКС в мировой экономической системе, а также влияния их хозяйственной деятельности на экологическое развитие является особенно важной темой для исследования. Динамика объема ВВП стран-членов БРИКС за период с 1990 по 2024 г. представлен в *табл. 1*.

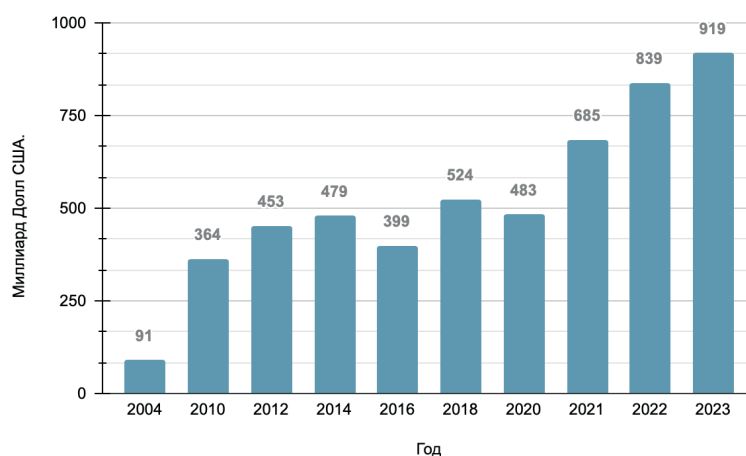
Экономика стран, входящих в БРИКС, позитивно развивается. Однако влияние пандемии COVID-19 негативно отразилось на динамике общего объема ВВП Бразилии и России в 2020 г. Изменения удельных показателей ВВП стран-членов БРИКС происходят под влиянием локальных политических либо экономических событий.

Углубление торговой деятельности стран-участниц внутри объединения стимулирует гуманитарные взаимосвязи и открывает перспективы для укрепления экономического взаимодействия. Каждая страна-участница БРИКС занимает значимые позиции в регионах мира. Страны коалиции имеют весомый экономический потенциал, который в синергии приведет к лучшим макроэкономическим результатам.

Согласно Стратегии экономического партнерства БРИКС, объединение придерживается принципа «открытой, прозрачной, недискриминационной и инклюзивной многосторонней торговой системы» [4]. В Стратегии экономического партнерства БРИКС целенаправленно реализуются следующие ключевые задачи:

- расширение доступа на рынок товаров и услуг для стран БРИКС и поддержка инклюзивного роста;
- упрощение и повышение эффективности административных процедур в целях содействия ускорению взаимной торговли;
- диверсификация отраслевой структуры производства и экспорта;
- обмен информацией о политике, влияющей на торговлю и инвестиции;
- увеличение доли продукции с высокой добавленной стоимостью в ВВП стран БРИКС, повышение их устойчивости к колебаниям конъюнктуры мировых сырьевых рынков;
- содействие созданию и развитию высокотехнологичных производств;
- укрепление таможенного сотрудничества, в том числе упрощение процедур таможенной очистки;
- содействие развитию электронной торговли и сотрудничества в данной сфере.

Страны БРИКС занимают ключевое географическое положение, что дает конкурентный потенциал коалиции в области логистики и способствует выстраиванию продуктивной логистической кооперации. Динамика взаимной торговли стран БРИКС представлена на *рис. 1*.

**Рис. 1.** Динамика взаимной торговли стран БРИКС (по экспорту), в млрд долл. США².

Со вступлением новых членов в 2024 г. – Египта, Эфиопии, Ирана, Объединенных Арабских Эмиратов и Индоне-

¹ Статистическая комиссия ООН [Электронный ресурс] // Организация объединенных наций [сайт]. URL: <https://unstats.un.org/UNSDWebsite/> (дата обращения: 20.04.2025).

² Торговый потенциал и транспортная взаимосвязанность стран БРИКС после расширения 2024 г. [Электронный ресурс] // РОС-КОМПРЕСС [сайт]. URL: https://cdnweb.roscongress.org/upload/medialibrary/da0/co7zd12pizr8rhfyiiudwklyzopfi3w4/torg_potencial_brics_ru.pdf?17253445311369431 (дата обращения: 01.06.2025).

зии – расширилось присутствие БРИКС в Азии, Африке, Персидском заливе и на Ближнем Востоке.

Внешнеторговый оборот России со странами БРИКС составляет почти 50%. Это превышает средние показатели по БРИКС (20%) и в последние годы отражает перенаправление российской торговли с западных рынков на восточные (табл. 2).

Данные о взаимной торговле внутри БРИКС демонстрируют, что Китай является основным торговым партнером для большинства стран коалиции, включая Россию, Бразилию, Индию и ОАЭ. Также значительные торговые потоки сосредоточены между Ираном и Китаем, Россией и Индией, а также Индией и ОАЭ. Основу российского экспорта в Китай (данные за 2023 г.) составляют нефтепродукты и нефть (123 млн тонн), уголь (101 млн тонн), лесоматериалы (9.8 млн тонн), железная руда (9.6 млн тонн) и СПГ (8.2%). Аналогичная ситуация наблюдается в торговле между Китаем и ОАЭ, где преобладают поставки нефтепродуктов и СПГ.

Однако существует ряд проблем, затрудняющих развитие торгово-экономического сотрудничества стран БРИКС. Так, экономические структуры и масштабы экономик стран объединения существенно различаются, что создает определенные препятствия для их более глубокой интеграции и обновления концепции общей торговой стратегии на долгосрочную перспективу. Например, Китай обеспечивает 42% всей торговли внутри блока, в то время как вклад Эфиопии составляет 0.44%. Внешняя торговля стран БРИКС развивается и с другими партнерами из разных регионов мира, среди которых США и Европейский союз, а также региональные партнеры (МЕРКОСУР, АСЕАН) и др. [3].

Еще одной проблемой в торговых отношениях стран-участниц БРИКС является недостаточная диверсификация отраслевых структур их национальных экономик. Это накладывает отпечаток на экспортно-импортные связи. К примеру, существенно различаются модели экспорта и импорта,

в рамках которых развиваются торговые отношения членов БРИКС.

Благодаря эффективности и своевременности предпринимаемых правительствами стран-членов коалиции мер, потенциал интеграционного объединения неуклонно возрастает. Повышаются и экономические выгоды от взаимной торговли. В настоящее время в рамках партнерских отношений вырабатывается ряд проектов, направленных на решение социально-экономических проблем, а также развитие транспортной и энергетической инфраструктуры, водоснабжения и канализации, решение экологических и других актуальных вопросов стран-членов БРИКС. Важное место в преодолении проблем, возникающих в сфере природопользования, отводится финансовому обеспечению мероприятий, направленных на улучшение экологической ситуации и охрану окружающей среды.

Подходы к финансовому обеспечению экологической политики

Ключевым элементом формирующегося механизма реализации государственной экологической политики выступает согласованный всеми сторонами-участницами БРИКС механизм финансового обеспечения. Важность данного фактора именно в том, что состояние окру-

Таблица 2. Общая и взаимная торговля стран БРИКС в 2024 г.³

	Внешнеторговый оборот, в млн долларов США	В т.ч. БРИКС, в млн долларов США	Доля стран БРИКС во внешней торговле субъекта, в %
Мир	46 808 685	9 746 868	20.8
Всего БРИКС	9 746 868	1 983 507	20.4
Китай	5 948 036	846 658	14.2
Индия	1 099 178	300 814	27.4
Россия	680 393	332 622	48.9
Бразилия	580 489	192 488	33.2
ОАЭ	936 114	168 244	18.0
ЮАР	217 927	56 902	26.1
Египет	125 210	31 825	25.4
Иран	139 627	45 141	32.3
Эфиопия	19 894	8814	44.3

³ Торговый потенциал и транспортная взаимосвязанность стран БРИКС после расширения 2024 года. [Электронный ресурс] // РОС-КОНГРЕСС [сайт]. URL: https://cdnweb.roscongress.org/upload/medialibrary/da0/co7zd12pizr8rhfyiudwk1yzopfi3w4/torg_potencial_brics_ru.pdf?17253445311369431 (дата обращения: 01.06.2025).

жающей среды в России и других регионах мира зависит от надежности системы финансирования и эффективности ее применения.

Возникает вопрос: что же необходимо для надежной работы механизма финансового регулирования экологического развития стран-членов БРИКС?

В странах мира, занимающих активную позицию в вопросах сохранения окружающей природной среды, сложился перечень основных элементов экологического назначения, использование которых позволяет обеспечивать согласованное функционирование отраслей природопользования и сохранение экологического баланса. В рамках БРИКС при условии разработки соответствующих регламентов и их согласованном применении всеми странами-членами возможно формирование эффективно работающего природоохранного финансового механизма. Его основные компоненты могут быть сгруппированы (с определенной степенью условности) в следующие группы:

1-я группа – бюджетные инструменты: правительственные субсидии, государственные инвестиции, государственные закупки, дотации;

2-я группа – инструменты кредитования. Наиболее распространенными из них являются различные виды ссуд, льготных займов, также могут практиковаться залоговые вложения;

3-я группа весьма обширна по своему составу и включает самые разнообразные налоговые инструменты;

4-я группа – инструменты экологического страхования, которым в международной практике отводится весьма существенная роль, но которые до настоящего времени не получили должного распространения в России и других странах-членах БРИКС;

5-я группа – крайне важные организационно установленные инструменты.

Исходя из представленного перечня компонентов природоохранного финансового механизма можно заключить следующее. Во-первых, в

мировой рыночной экономике в большей степени востребованы не запретительные, а поощрительные меры, которые позволяют персонифицировать результаты тех экономических акторов, деятельность которых позволяет не допустить либо существенно улучшить состояние окружающей природной среды.

Во-вторых, во всей совокупности применяемых средств для стабилизации либо улучшения существующего положения представлены как прямые, так и косвенные методы. При этом наблюдается сдерживание либо уход от административных методов регулирования природоохранной деятельности.

В-третьих, практикуется использование на экологические цели всех возможных источников: бюджетных фондов, собственных средств организаций (коммерческих и некоммерческих), целевых фондов (экологических и экологического страхования); кредитных ресурсов банков, страховых компаний и других институтов финансового рынка; добровольных взносов юридических и физических лиц. При этом нужно констатировать, что механизмы реализации экологического страхования до настоящего времени не получили должного применения на практике.

Одной из проблем, препятствующих согласованной работе всех участников интеграционного объединения стран-членов БРИКС, является ограниченность финансовых ресурсов, необходимых для реализации так называемых «длинных» денег, которые остро востребованы для реализации капиталоемких климатических проектов.

Перспективным направлением развития финансового механизма экологического инвестирования представляется также более широкое использование синдицированных кредитов и облигационных займов. Применение подобных подходов в международной практике подтверждает наличие немаловажных для инвесторов преимуществ, к которым относятся дешевизна внедрения, открытость для взаимодействия заинтересованных сторон и получения необходимой для принятия решения информации, возможность проверки отчетности и хода реализации экологических проектов.

К проблемам, которые требуют первоочередного внимания, относится подготовка специалистов, обладающих соответствующими компетенциями и заинтересованных в решении экологических проблем на своем рабочем месте, при выполнении служебных обязанностей. Предстоит серьезно подумать, что именно может подойти, какие экономические и административные меры предстоит осуществить и как это сделать, какие инструменты задействовать. Не подлежит сомнению необходимость проведения работы по переобучению персонала организаций, привитию навыков работы, направленной на улучшение экологической ситуации и сохранение окружающей природной среды.

Реальность сегодняшнего дня такова. Во-первых, крайне необходима разработка «переходных» проектов, реализация которых создает условия для реновации энергетической инфраструктуры. Благодаря таким капиталозатратным инвестиционным проектам в углеродоемких отраслях созда-

ются возможности для применения энергоэффективных технологий, что в конечном счете ведет к изменению производственных процессов.

Во-вторых, вследствие высокой технологической сложности требуются большие объемы капиталовложений странами-партнерами на длительный период. Названные факторы инициируют возникновение отложенного экономического эффекта, а именно получение существенных объемов прибыли можно ожидать только по истечении срока окупаемости инвестиционных проектов, т.е. после довольно длительного временного периода, охватывающего ряд лет.

Вследствие названных причин актуальной задачей экспертного сообщества является совершенствование методологических основ и практики финансирования экологических проектов, а также оценки рисков инвестирования. В этой связи правомерным представляется привлечение государства в лице правомочных ведомств, заинтересованных бизнес-структур, экспертного сообщества, квалифицированных инвесторов.

Из изложенного можно сделать следующий вывод: для России и других стран-членов БРИКС «переходные» проекты являются приоритетным направлением деятельности. Цель государственной политики состоит в разъяснении актуальности реализации таких проектов и их приравнении к «зеленым» проектам с позиции их экологической ценности и общественной значимости.

В составе целей российской экологической политики приоритет отдается инвестиционным проектам, инициирующим переход к низкоуглеродному развитию. Вместе с тем в масштабах всего интеграционного объединения необходимо продумывать открывающиеся перспективы развития торгово-экономического сотрудничества с учетом достижения ЦУР ООН.

Внутренний инвестор России по вопросам финансирования экологических проектов – Центральный банк Российской Федерации. Он определил нормативную базу для финансирования экологических проектов. Однако вследствие высокой стоимости таких проектов их применение ограничено. В 2014 г. было заключено соглашение о создании Нового банка развития БРИКС, который в настоящее время занимается финансированием инфраструктурных и природоохранных проектов.

В период председательства России в БРИКС в 2024 г. странами-членами была выработана согласованная концепция переходного финансирования как приоритетного вектора движения энергетической сферы и его продвижения в мире.

Центральный банк Российской Федерации готов участвовать в переходной повестке посредством предоставления определенных видов льгот, например, путем освобождения от НДС владельцев зеленых и адаптационных облигаций и др.

Актуальным вопросом для стран-членов БРИКС является выработка механизмов суммирования мер государственной поддержки для кооперационных переходных проектов. Однако в период подготовки к принятию соответствующих решений необходимо систематизировать все возможные меры для привлечения финансирования в переходные проекты. В их состав предположительно следует включить:

во-первых, инструменты, которые есть у государства: как экономические (льготы, субсидии), так и организационные (например, упрощение процедур);

во-вторых, создание единых стандартов мониторинга, отчетности, расчета углеродного следа, валидации и верификации;

в-третьих, в центре внимания должны находиться проекты, реализуемые с использованием механизмов ГЧП.

Выводы

Для реализации международных экологических проектов наиболее приемлемы меры экономического характера, привлекающие инвесторов к участию в работе по сохранению окружающей природной среды.

В составе финансовых методов регулирования природоохранной деятельности актуальным является применение мер как финансового стимулирования, так и сдерживания роста финансовых ресурсов.

В связи с ограниченностью финансовых ресурсов высокое значение придается созданию суверенных экологических фондов, средства которых могут быть эффективно использованы не только при возникновении экстраординарных ситуаций, для ликвидации последствий стихийных бедствий, но и для реализации капиталоемких экологических проектов.

В центре внимания правительств стран мира должна находиться подготовка кадров для работы в экологической сфере. Соответствующими компетенциями должны обладать не только специалисты, но и все работающие в различных отраслях экономики.

Важной задачей является разработка мер материального и морального поощрения населения различных возрастных групп: детей, молодежи, трудоспособного населения, лиц старших возрастов.

Вся система воспитания и обучения должна быть направлена на привитие навыков и стремлений к улучшению экологической ситуации и сохранению окружающей природной среды.

Литература

1. И.Н. Молчанов, Н.П. Молчанова
Век глобализации : исследование соврем. глоб. процессов. 2024, 3(51), с. 95. DOI: 10.30884/vglob/2024.03.09.
2. BRICS development in the context of world dynamics: challenges and perspectives: Monograph / Ed. by Acad. Viktor Sadovnichy. – Moscow University Press, 2024.
3. Т.М. Исаченко
4. Возможности координации торговой политики стран БРИКС // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2024. № 4, с. 394.
5. Стратегия экономического партнерства БРИКС до 2025 г. [Электронный ресурс] // Президент России [сайт]. (<http://static.kremlin.ru/media/events/files/ru/KT0SBHnIZjOpIuAj2AOXCnszNQA8u7HL.pdf>).

English

Financial Support for Environmental Development and Cooperation of the BRICS Countries

Natalia P. Molchanova

Professor, Lomonosov Moscow State University
1, Leninskie Gory, GSP-1, Moscow, 119991, Russia
2520641a@gmail.com

Abstract

The article examines the positioning of the international integration association BRICS in the global economy. The features of the economic situation and financial support of the BRICS member countries are studied in the context of actualization of issues of environmental development and productive interaction in the context of a changing geopolitical situation. Based on the analysis of the current stage of development and economic condition of the BRICS member countries, conclusions are made on strengthening cooperation in the financial sphere and increasing the relevance of environmental issues in the context of achieving the benchmarks of the United Nations Sustainable Development Goals. Conceptual conclusions are formulated on the need to create a balanced environmental financial mechanism, select priority areas for investing in environmental projects and substantiate key vectors for the development of international cooperation in the field of rational use of natural resources and environmental protection.

Keywords: economic development, integration union, international cooperation, financial support, environmental issues, BRICS member countries.

Images and tables

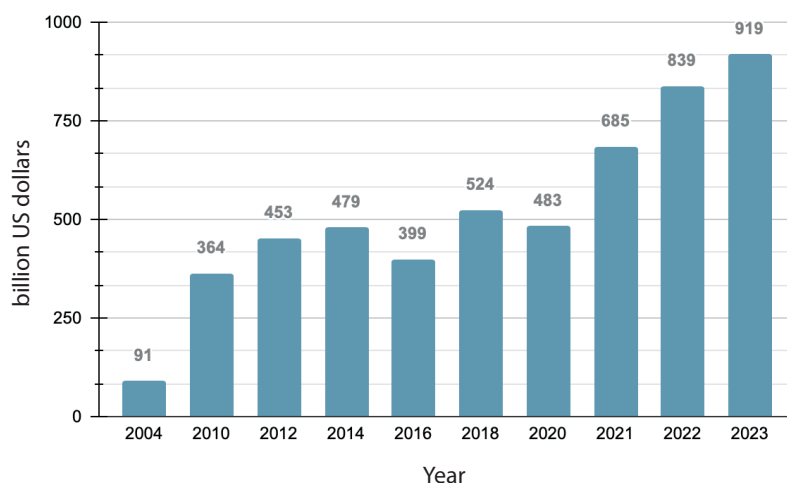


Fig. 1. Dynamics of mutual trade of BRICS countries (by export), in billion US dollars.

Table 1. Gross domestic product (GDP) of the BRICS countries from 1990 to 2024, in billions of US dollars

Country / year	1990	2000	2010	2020	2024
Brazil	455.3	655.4	2230.0	1476.1	2310.0
Russia	574.1	278.1	2200.0	1400.0	2160.0
India	326.6	476.6	1708.4	2670.0	3989.0
China	398.6	1211.3	6040.0	14 687.0	18 800.0
South Africa	260.0	132.9	363.7	751.1	403.0
Total:	2014.6	2754.3	12 542.1	20 984.2	27 662.0

Table 2. General and mutual trade of the BRICS countries in 2024

	Foreign trade turnover, in million US dollars	Including BRICS, in million US dollars	Share of BRICS countries in the entity's foreign trade, in %
World	46 808 685	9 746 868	20.8
Total BRICS	9 746 868	1 983 507	20.4
China	5 948 036	846 658	14.2
India	1 099 178	300 814	27.4
Russia	680 393	332 622	48.9
Brazil	580 489	192 488	33.2
United Arab Emirates (UAE)	936 114	168 244	18.0
South Africa	217 927	56 902	26.1
Egypt	125 210	31 825	25.4
Iran	139 627	45 141	32.3
Ethiopia	19 894	8814	44.3

References

1. *I.N. Molchanov, N.P. Molchanova*
Vek globalizatsii : issledovanie sovrem. glob. Processov, 2024, 3(51). p. 95.
DOI: 10.30884/vglob/2024.03.09. (in Russian).

2. *BRICS development in the context of world dynamics: challenges and perspectives*: Monograph / Ed. by Acad. Viktor Sadovnichy. – Moscow University Press, 2024.

3. *T.M. Isachenko*

Vozможности koordinatsii torgovoj politiki stran BRIKS // Nauchnye trudy Vol'nogo jekonomicheskogo obshhestva Rossii. – 2024. № 4. p. 394. (in Russian).

4. *Strategiya jekonomicheskogo partnerstva BRIKS do 2025 g.* [Elektronnyj resurs] // Prezident Rossii [sajt]. (<http://static.kremlin.ru/media/events/files/ru/KT0SBHnIZjOpIuAj2AOXCnszNQA8u7HL.pdf>). (in Russian).

Генезис Центральной Азии в мировом и макрорегиональном измерениях: поиск равновесной точки между экономикой, экологией и политикой

С.А. Кожемяков

Страны Центральной Азии (ЦА) уже не первое десятилетие рассматриваются в региональном и мировом ракурсе как зона нарастающего экологического неблагополучия (в прикладном плане, особенность региона заключается в тесной увязке водной, энергетической и продовольственной безопасности). С другой стороны, этот субрегион Большой Евразии представляет собой быстро растущий и потенциально всё более значимый регион в геоэкономическом (с точки зрения международных транспортных коридоров) и геополитическом измерениях. В статье, опираясь на авторскую методологию исследования, представлены итоги междисциплинарного анализа положения в ЦА, а также позиционирования крупнейших мировых игроков, активизирующихся в данном регионе.

По итогам данного анализа сформулированы предложения по включению экологической проблематики в программу сотрудничества стран БРИКС+, расширив её и со странами ЦА, с опорой на мегапроект «Экологическая платформа БРИКС», подготовленный российскими учёными. Одним из практических путей налаживания такого сотрудничества могло бы стать создание «экологической платформы» в рамках данного Объединения.

Ключевые слова: Центральная Азия, экологическая и региональная безопасность, устойчивое развитие, водная безопасность, запасы редкоземельных материалов, ключевые игроки, международное сотрудничество, экологическое сотрудничество БРИКС.

Страны Центральной Азии (ЦА), пройдя, каждая по-своему, непростой период «катапультирования в независимость» (1991–1995 гг.), продолжают устойчиво продвигаться от определения к формированию своей национальной, региональной, геополитической и, в итоге, цивилизационной идентичности. В рамках современной глобальной и региональной политики и экономики этот регион приобретает две специфические новые черты: во-первых, происходит всё более заметное становление этого региона как самостоятельного «коллективного субъекта» (как в двусторонних отношениях с сопредельными и дальними государствами, так и в рамках сформированной системы новых международных организаций, действующих в регионе и за его пределами); во-вторых, идёт многолетнее формирование

собственного «внешнеполитического, экономического и экологического профиля» ЦА, воспринимаемого большинством влиятельных акторов мировой политики.

Показательно, что первая отмеченная черта не вызывает по итогам на 2025 год полного единодушия в экспертном сообществе (причём как российские, так и среднеазиатские исследователи склоняются к тому, что скорее можно говорить о «появлении активной интенции на субъектность», которой не было в предыдущие десятилетия у лидеров пяти государств региона). Сохраняются внутренние и региональные «сложности» и «соперничество» между этими странами, равно как и объективные «внутренние разрывы, экономическое, политическое и институциональное неравенство между ними». Вместе с тем, «необходимость коллегиального подхода к решению общих проблем сохраняется и может стать опорой для развития реальной субъектности Центральной Азии». В экспертных кругах звучат и полярные, достаточно критические мнения о «реализованной «субъектности» ЦА, которая, по мнению некоторых (в т.ч. центральноазиатских) экспертов, остаётся скорее «квази-регионом», значимость которого в значительной степени формируется под воздействием «планов и заинтересованности внешних игроков».



КОЖЕМЯКОВ
Степан Алексеевич
м.н.с.,
Институт Китая
и современной Азии РАН,
Центр центральноазиатских
исследований

Второй отмеченный выше тренд (поиск «собственного профиля») следует отнести к информационной сфере, т.е. позиционированию стран «пятерки ЦА» на международных площадках (в том числе в регионе Большой Евразии и таких суб-региональных организациях, как ШОС и БРИКС+). Вслед за «позиционированием» встаёт вопрос о «восприятии» такового со стороны внешнего мира, прежде всего, наиболее влиятельных и заинтересованных игроков и организаций. Этот тренд – двусторонний: «позиционирование» стратегий стран ЦА перед внешним миром определенным образом и «восприятие» данных стратегий извне. Очевидно, что в этой дихотомии заложен потенциал для объективных и субъективных противоречий, нивелирование и преодоление которых и составляет политическое содержание конкретных отношений стран ЦА с внешним миром.

Вместе с тем, наряду с устойчивыми объективными данными налицо и ряд новых внешних признаков, наглядно демонстрирующих продвижение обоих отмеченных трендов, – это проведение двусторонних мероприятий с государствами ЦА, как неким «единым партнёром» (ещё в 2022 г. был сформирован «Секретариат 5+1» (ЦА и США)), а за два последних года встречи такого формата прошли с Японией и Европейским Союзом и планируются со странами Персидского залива. Особое место здесь занимает весьма значимая Сианьская Декларация КНР-ЦА, подписанная в 2023 году. Разумеется, важное место в этих взаимодействиях отводится широкому спектру политических, экономических и институциональных взаимодействий между Россией и пятью странами региона в рамках СНГ (входят все 5 стран ЦА), ЕАЭС (Казахстан, Киргизия) и ОДКБ (Казахстан, Таджикистан, Киргизия).

Показательно, что упомянутый ранее аналитический ситуационный анализ, который можно было бы назвать «Центральная Азия – международно-экспертный взгляд из 2025 года», отметил ряд отличных от общепринятых подходов. Один из них постулировал смену традиционной парадигмы истории, которая исходит из извечно ведущей, структурирующей роли «морских торговых стран и потоков» и говорит о начале переосмысления «странами суши» сложившегося на этой основе порядка мирового взаимодействия. В нашей геополитической зоне, в новых исторических и глобальных условиях 90-х годов XX века этим процессам сопутствовало возрождение евразийской идеи, расширившее её политико-экономический масштаб, введя термин «Большая Евразия», включающий, разумеется, и государства Центральной Азии. В свою очередь в «западной» политической и научной культуре в начале XXI использовалось понятие «Большая Центральная Азия», включившее в себя не только «пятерку стран ЦА», но и Афганистан (рассматривается некоторыми региональными экспертами не просто в качестве «соседа», а скорее как «косвенный региональный участник»), Пакистан, Иран, Монголия, а иногда и отчасти Азербайджан (понятно, что данный «конструкт с изменяющейся географией» носит сугубо геополитическую нагрузку,

в интересах его создателей и интерпретаторов).

Вместе с тем, сегодня можно говорить лишь о «становлении возможности» реализации политического влияния стран ЦА в «Большой Евразии», т.к. здесь налицо также наличие устойчивой заинтересованности и реальное влияние позиций в регионе «главных игроков» (как ближних, так и дальних). Наряду с этим существует еще один, не менее важный стратегический аспект, который относится к тем новым «ситуационным факторам», которые привносятся со стороны сопредельных государств. В частности стоит выделить: более активную и многофакторную роль Афганистана после смены режима; роль Ирана в свете будущего «иранской ядерной программы», после попытки её «военного решения»; возможности использования транспортно-логистического потенциала Ирана и Афганистана в рамках международного транспортного коридора (МТК) Север-Юг и китайского проекта «Один пояс, Один путь» (ОПОП); перспектива отношений США и Китая, включая конфронтационный вариант по теме Тайваня, где Китай будет нуждаться в твёрдой «тыловой поддержке» и «альтернативных сухопутных маршрутах» на территории Большой Евразии; тенденции наращивания присутствия Турции в регионе с опорой на проект «Великого Турана»; отношения в рамках геополитического треугольника Индия-Пакистан-Китай.

Нельзя забывать и о соседней к ЦА Монголии, которую перемены в Большой Евразии, как представляется, будут всё активнее вовлекать в идущие здесь экономические и политические процессы. Приведённый перечень значимых региональных и суб-региональных проблем носит в данном случае сугубо «списочный характер» и призван проиллюстрировать тенденции, результаты которых отражаются на положении как в рамках макрорегиона, так и в рамках отдельных государств региона.

Как же в итоге суммарно выглядят на 2025 год главные черты «субъектности» и «индивидуального профиля» стран региона ЦА, по мнению международных экспертов, включая российских? Список перспективной значимости и оценки ресурсного потенциала региона сводится обычно к перечислению ограниченного числа характеристик:

- Центральное («в географическом и геополитическом срезе») положение Евразии и пространственная близость к двум ведущим мировым игрокам (Россия и Китай), а также исторически устойчивый интерес к ЦА со стороны Запада (сначала Великобритании и Германии, затем США, а теперь Турции и ЕС);

- Исходя из этого сформирована тенденция к становлению ЦА в качестве «транспортного хаба» между соседними странами в регионе и за его пределами (включая упомянутые ранее МТК «Север-Юг», ОПОП, а также т.н. «Срединный» или Транскаспийский МТК (Китай-Казахстан-Азербайджан-Грузия-Турция-ЕС)). Эта перспектива видится как «дополнение» к доминантным на сегодня «морским маршрутам» (так, 90% товарооборота КНР проходит морем), но вместе с тем и как «резервный путь мировой торговли», в случае осложнения обстановки на прежних транспортных путях. Планы по развитию «транспортной логистики» в регионе, существовавшие до сих пор скорее на уровне «намерений», приобретают политическое, а как следствие и юридическое оформление;

- Наличие значимых природных ресурсов – традиционных углеводородных источников ископаемого топлива, редкоземельных элементов (РЗЭ), а также урана (публично нечасто озвучиваемая тема, хотя для стран, имеющих серьёзный потенциал АЭС, она приобретает всё большую значимость). Отметим, что последние две задачи – чрезвычайно сложные в их осуществлении в технологическом, организационном и политическом планах. Следует при

этом учитывать лидирующую роль КНР в этой области, касательно запасов, технологий добычи и доли на мировом рынке редкоземельных элементов.

В продолжение вышеизложенных «исходных взглядов» на оценку роли региона ЦА можно привести также и некоторые дополнительные данные о положении в этом регионе, о которых упоминается реже:

- Динамика роста численности населения ЦА (при сохранении более чем пятикратных различий между отдельными странами). По оценкам ООН, она возросла с 20.2 млн человек (1955 г.) до 83.5 млн (2025 г.), при ежегодном росте от 3.5% в 60-е годы до 1.5% в последние десятилетия. Прогнозы на перспективу столь же впечатляющие: 89.9 млн (2030 г.), 101.7 млн (2040 г.), 113.6 млн (2050 г.). Среднегодовой фактический прирост населения по региону составлял порядка 1 млн человек в год.

- Исходя из этой динамики народонаселения, обычно принято приводить также прогнозы экономического роста и динамики ВВП. Ограничимся наиболее общими оценками: за 20 последних лет ВВП стран ЦА увеличился в 7 раз: среднегодовой экономический рост составлял порядка 6.2% (почти вдвое выше среднемирового), доля в мировом ВВП увеличилась в 1.8 раза. Происходящее в регионе в сфере экономики должно рассматриваться с учетом принятой там стратегической установки на формирование «экономически активных регионов» внутри стран ЦА как одной из возможных глобальных перспектив на будущее. Разумеется, столь оптимистичная экономическая ситуация не снимает наличие нерешенных структурных проблем в экономике этих стран и их текущих и перспективных социальных последствий.

- Динамику стран региона (общую и частную для каждой из них) в области природопользования также следует отнести к характерным особенностям стран ЦА (в зарубежных учебниках по экологии весь регион ЦА давно уже приводится в качестве «наглядного примера глубокого и стремительно нарастающего экологического кризиса» (наиболее убедительно это демонстрирует протекающее в рамках одного поколения (25 лет) «исчезновение Аральского моря»). Этим процессам обезвоживания («водного кризиса», в более общем смысле включающем и гидроэнергетику) наиболее наглядно и столь же стремительно сопутствуют оценки скорости таяния ледников (главного источника водоснабжения всего региона, включая энергетический сектор): по экспертным оценкам, 1/3 объема ледников исчезла за последние 100 лет, и от 6% до 40% (по регионам) только за последние 10 лет);

- Вполне осознанной в масштабе мировом и всего региона ЦА «водной проблеме» сопутствует и то, что это один из редких мировых регионов, где показатели численного роста населения, экономического роста, водного и энергоснабжения, экологической и продовольственной безопасности – все они в комплексе чрезвычайно взаимосвязаны, и их баланс остаётся весьма уязвимым (представляется, что

именно это «взаимопереплетение разнопрофильных проблем» создаёт уникальную особенность природно-экономического и социального будущего региона);

• В продолжение предшествующей оценки, общим, хотя и существенно отличным по отдельным странам и их внутренним районам, является признание наличия различных внешних и внутренних угроз для стабильности и устойчивого развития во всех государствах ЦА (причем последние (внутренние угрозы) признаются экспертами наиболее разнообразными и значимыми).

После рассмотрения «общего перспективного позиционирования» региона ЦА в мире следует сосредоточиться на теме особо тесной взаимосвязи между водной, энергетической, продовольственной и экологической безопасностью во всём регионе ЦА (хотя и со своей, ярко выраженной спецификой этой взаимосвязи в каждой из стран). В этом ракурсе первостепенную, особую значимость (и потенциальную конфликтность, равно как и потенциал для сотрудничества) носит проблема водоснабжения (водораспределения и водопользования), имеющая весьма давнюю историю в ЦА (её корни восходят ещё к «советскому периоду» взаимодействия этих стран, включая многочисленные попытки урегулирования таких ключевых вопросов, как высокогорное происхождение воды (истоки рек) и их дальнейшее (последующее неравномерное распределение речных водных ресурсов), их энергетическое, сельскохозяйственное, гражданское и промышленное использование, вниз по течению двух главных рек – Амударьи и Сырдарьи.

Эта специфическая черта водной политики региона ЦА упомянута здесь, поскольку:

1) схожие проблемы сегодня стоят перед рядом стран БРИКС+;

2) для самих стран ЦА проблема водной безопасности вышла за привычные рамки пяти стран региона – пример строительства 285 км канала Кош-Тепа на Северо-Востоке Афганистана, от верховий Амударьи (забор воды из реки в этот канал оценочно составит 15–20% всего водостока), создаёт вполне конкретную озабоченность для сопредельных стран вниз по течению.

Есть основания утверждать, что «водная проблема» в ЦА, уже находящаяся под внимательным наблюдением со стороны зарубежных и международных институтов, будет и в дальнейшем приобретать всё большую значимость за пределами региона.

В этой связи следует обратиться к докладу, выпущенному в декабре 2024 года под эгидой Всемирного Банка по «водной проблеме в ЦА», методология и научное обеспечение которого выполнены Международным институтом прикладного системного анализа, Лаксенбург, Австрия: «План действий по выправлению ситуации: прокладываем путь к водной безопасности в Европе и Центральной Азии – Отчет о состоянии проблем» (под Европой в данном докладе авторами понимается ситуация вокруг придунайских регионов

и на Южном Кавказе). Начнём с того, что регион ЦА практически весь (за редкими территориальными исключениями) находится в «красной зоне» по причине больших аридных площадей, наличия накопленных и потенциальных трудностей с водообеспечением и водопользованием, и по итогам этого комплексного и системного исследования он предстаёт как наиболее «проблемный» на общемировой карте водоснабжения регион.

Методология, положенная в основу этой, без преувеличения, исключительной работы исходит из невозможности редуцировать тему «водной безопасности» к некому «глобальному и обобщенному индексу», в силу высокой степени многофакторности данной проблемы (причём с различной динамикой и степенью воздействия каждого из факторов). Тем не менее, выбранная аналитическая модель сведена к трем главным «сферам взаимодействия» (экология – экономика – демография), которые на нисходящем уровне модели разворачиваются в такие темы, как «риски для поддержания необходимых объемов водных ресурсов», «эффективность управления экономической системой», «предоставление социальных услуг, основанных в водных ресурсах», а на следующем нисходящем уровне – «выполнение инфраструктурных требований» и «наличие соответствующих вызовов институтам». Итогом сопряжения всех перечисленных элементов этой системной модели должно стать выполнение задач «водной безопасности».

Данный исключительный по информационному наполнению документ может быть назван «Большой «водной энциклопедией» Центральной Азии», а его выход лишь подтверждает глобальную значимость этой темы, как для стран региона ЦА, так и для многих весомых внешних игроков, особенно ближайших. Напомним: это сугубо «европейский концептуальный и содержательно-проблемный документ» касательно

перспектив самой «водной проблемы» и будущих путей (потенциально возможных) её преодоления. В какой степени он может быть трансформирован в «реальный план действий» – вопрос, обращенный в будущее.

Важным для перспектив региона ЦА является позиционирование по отношению к нему «внешних игроков», заметно активизировавшихся в последние годы (это тем более необходимо, если принять общее исходное положение, что мы наблюдаем сегодня «тектонические перемены в мироустройстве», а, как следствие, «второе открытие Центральной Азии» в региональном масштабе). Вместе с тем, эти перемены не снимают с повестки дня некоторые «геополитические константы», одной из которых остается исторически сложившееся соперничество международных акторов за влияние в регионе ЦА, рассматривающих его преимущественно как «значимый субъект для влияния на Россию». Неслучайно в научном (а тем более публицистическом) лексиконе значение региона ЦА для мировой политики связывают обычно с т.н. «Большой игрой» великих держав, как правило, со ссылкой на известную позицию З. Бжезинского «... именно Евразия является точкой опоры для утверждения кем-либо мирового господства». Временный «вакуум власти», образовавшийся в данном регионе после «распада» СССР, создаёт, по его мнению, новый перечень соперников за влияние на т.н. «евразийских Балканах» – так он охарактеризовал государства ЦА. Помимо традиционно присутствовавших здесь Великобритании, США, России, Турции, Ирана, к которым уже три десятилетия как присоединился Китай, в качестве новых кандидатов на роль активных «игроков» в ЦА претендуют Пакистан и Индия, а также Япония и ЕС.

Оставляя за скобками анализ отношений России с государствами ЦА (их масштабный и комплексный характер, о чём было упомянуто выше), ограничимся кратким обзором роли

других крупных «внешних игроков». Исходя из сегодняшних реалий, следует начать с отношений пяти стран региона с КНР – двусторонняя Сианьская Декларация 2023 года («Китай+5») даёт тому солидные и долгосрочные основания: тогда прошло не просто традиционное «торжественное мероприятие» (зал заседаний был оформлен текстами на китайском, английском и русском языках), но в опубликованной Декларации были четко очерчены идейные ориентиры, а также контуры институционального механизма, создаваемого для решения поставленных на перспективу задач. Идейным и стратегическим стержнем этого документа является известная китайская глобальная доктрина «Сообщества единой судьбы человечества» (в п.1 данной Декларации «стороны подтверждают стремление в совместном создании более тесного сообщества единой судьбы Центральной Азии и Китая»).

Таким образом, необходимо признать, что Декларация обозначила кардинальный переход парадигмы – от роли Китая как «внешнего игрока» к существенно большему по смысловому содержанию и наполненности процессу, что на сегодня даёт основания воспринимать Китай как «интегрального участника будущего регионального сотрудничества». Представляется, что такое положение в ещё большей мере касается экологической тематики, принимая во внимание, что сам Китай за прошедшие два десятилетия прошел глубокую и непростую трансформацию от «экологического нигилизма» к «экологической цивилизации», ставшую принципиально новым стратегическим элементом (конструкт «экологической цивилизации» был закреплён в конституции и партийных документах КНР в 2018 году) в идеологии на фоне стремительного промышленного развития.

Исходя из логики и вектора данной статьи, ограничимся только некоторыми «экологическими компонентами», которые, на основе данной Декларации, открывают новую перспективную область взаимоотношений этой группы стран с Китаем. Напомним, что уже в этом без преувеличения историческом для будущего всего региона документе были впервые даны некоторые общие экологические установки – Китай к тому времени не только уже осуществил принципиальный переход от традиционного в прошлом акцента на «промышленное развитие» к становлению принципиально иной по своей ориентации «экологической цивилизации», но и вынес из этого перехода практические уроки. Насколько к этому радикальному перелому в мировоззрении были готовы на тот момент пять государств ЦА – это отдельная и самостоятельная тема, но уже очевидно, что эти страны в разной степени и в разном ритме будут подключаться к схожей экологической стратегии.

Экологический блок Сианьской Декларации 2023 года не ограничился общими ссылками на желательность ориентации на уже проводимую на Западе (и вдогонку во всём мире) «зелёную экономику», но и поставил ряд гораздо более практических задач, в частности,

доступ участников «5+1» к китайскому «Банку данных приоритетных зелёных инвестиционных проектов» (п. 6 Декларации). Кратко упомянем об уже достигнутых предварительных итогах Декларации: спустя два года Казахстан заключил соглашение с Китаем о прямом доступе к одной из крупнейших в Азии платформ по зеленым технологиям – Green Technology Bank. В связи с этим значимым событием, газета Kazpravda.kz со ссылкой на Минэкологии страны подытожила: «Соглашение стало значимым шагом в укреплении научно-технического диалога между Казахстаном и Китаем и открыло широкие перспективы для ускоренного внедрения передовых экологических решений в экономику республики. Теперь казахстанские предприятия и исследовательские центры смогут использовать разработки из базы данных Китая, включая инновации в области возобновляемой энергетики, водных ресурсов, переработки отходов, агроэкологии и других направлений». Представляется, что это развитие подтверждает, что Сианьская Декларация не просто «декларация о намерениях», но изначально была задумана в качестве элемента «доктринального стержня» – программного документа, нацеленного на решение прикладных задач. Перспективы сотрудничества стран ЦА с ШОС и БРИКС+, как и регионального сотрудничества по экологической тематике, с высокой вероятностью будут включать как общие положения официального концепта китайской «экологической цивилизации», так и накопленные им на сегодня практические наработки, претендующие на универсальность (типа упомянутого китайского «Банка зелёных технологий»).

Перечень внешних участников подобных двусторонних форматов «5+1» возглавляют США, причём этот процесс идёт уже не первый год (существенным стимулом к этому, вероятно, стал выход США из Афганистана в 2021 г. и отсутствие на сегодня дипотношений между этими двумя странами). Отсюда встаёт открытый вопрос о целях, методах и перспективах активного возврата в данный регион США как влиятельного политического и геоэкономического игрока (хотя, по сути, американцы никогда оттуда полностью не уходили). Не случайно в кулуарах сессии Генеральной ассамблеи ООН в Нью-Йорке 19 сентября 2023 года прошел первый саммит лидеров стран Центральной Азии и США (получивший с тех пор известную формулу «5+1»). Тогда же, осенью 2023 года в Конгрессе США была выдвинута инициатива по отмене известной со времён СССР ограничительной «поправки Джексона-Вэника» (1974 г.) для стран ЦА (инициатива была поддержана и Администрацией Д. Трампа уже в 2025 г., где эту поправку называли «абсурдным пережитком»). Данная мера ознаменовала взятый курс на стабилизацию и расширение уже намеченного сотрудничества с этими странами.

Этому предшествовал ряд формально-организационных шагов на этом направлении (включая визиты руководителей стран ЦА в США на высшем уровне), с очевидным

прицелом на перспективу. Высока вероятность, что США попытаются расширить свое влияние в регионе через активизацию работы U.S. International Development Finance Corporation (DFC) – первой американской и международной корпорации развития и финансирования в регионе ЦА, которая подписала Меморандум о взаимопонимании с Казахстаном и Узбекистаном в конце ещё первого президентского срока Д. Трампа в 2021 г. DFC была создана для обеспечения финансовой поддержки проектов, способствующих экономическому развитию региона за счет частного сектора и повышения экономической взаимосвязанности внутри самой Центральной Азии. Ещё в те годы отмечалось, что будут приложены усилия для привлечения 1 млрд долл. в течение последующих пяти лет, что должно способствовать укреплению отношений США с ЦА, а также цепочек поставок оттуда «критически важных товаров» («редкоземельных элементов») в Соединенные Штаты. Представляется, что DFC был призван сыграть роль не только реальным инструментом для объединения частного капитала и госинвестиций с целью увеличения финансирования ключевых для США проектов, но в перспективе стать сопоставимой по значимости альтернативой китайским и российским инициативам по тем же экспортным позициям из ЦА. Высока вероятность того, что, например, такое важное экспортное сырьё, как «редкоземельные элементы», может быть поставлено на «активный трек» при новом сроке Президента Д. Трампа.

В заключение следует отметить, что вряд ли можно говорить о некой «устойчивой стратегии» США в регионе – по суммарной оценке даже американских экспертов, она весьма существенно изменялась в последние три десятилетия (не только в связи со сменой власти в Вашингтоне, но и в концептуально-практических аспектах проводимой политики, вслед

за сменой расстановки сил в регионе ЦА, начиная с 90-х годов XX века).

К формату «5+1» в ЦА недавно присоединился и Европейский Союз – 4 апреля 2025 г. в Самарканде состоялся третий саммит, которому предшествовали многочисленные двусторонние контакты на высшем уровне. На фоне роста двусторонних контактов за последние годы и быстро развивающейся многосторонней и региональной повестки дня в регионе, лидеры ЕС и Центральной Азии пришли к выводу о необходимости подъема их взаимодействия на более высокий уровень. Речь идёт не просто о самом появлении нового формата «5+ЕС», но о повышении уровня отношений между двумя регионами до «стратегического партнерства» (по оценке Председателя Еврокомиссии на встрече, это означает не только «более тесные отношения» и «обязательство быть рядом друг с другом», но и необходимость «изучать возможности для новых областей сотрудничества»). Таким образом, акцент переносится на «поиск новых тем сотрудничества» (т.е. упор на перспективу – от «сохранения существующего» к «новаторству и развитию»). В качестве основополагающих задач в новых геополитических реалиях участники «5+ЕС» обозначили четыре ключевых направления, которые видятся ЕС наиболее перспективными для совместной работы: транспортная инфраструктура, критически важные сырьевые ресурсы, чистая энергетика и цифровая связь. Поскольку инициативы ЕС – последние и наиболее развернутые, видится значимым раскрыть эти направления, чтобы суммировать эти 4 темы сотрудничества следующим образом:

1) «Транскаспийский транспортный коридор» представляется авторам этой инициативы как стратегически важный инфраструктурный и логистический стержень, без которого нельзя построить эффективное и долгосрочное сотрудничество между двумя столь удалёнными

регионами. ЕС предварительно одобрил пакет инвестиций в 10 миллиардов евро на развитие этой инициативы в рамках программы Global Gateway, а в 2025 году запланировано проведение Инвестиционного форума, на котором будут обсуждаться дальнейшие шаги в развитии коридора, позволяющего сократить сроки доставки товаров между Европой и Центральной Азией вдвое – до 15 дней. Важно добавить к этому, что данный транспортный коридор не только минует Россию, но и будет пересекаться с другими крупными «транспортными путями», планы на которые озвучивались отечественными экспертами и политиками. Так, неслучайно в официальном заявлении о визите С.В. Лаврова в Туркменистан (25–26 июня 2025 г.) стороны ограничились упоминанием важного значения «проектов по формированию международных транспортно-транзитных коридоров», а в последующем комментарии С.В. Лаврова для СМИ упомянуты «проекты в рамках создаваемого Международного транспортного коридора «Север-Юг», где Россия и Туркменистан призваны играть важную роль в реализации данного перспективного начинания, которое существенно укрепит позиции всего региона с точки зрения логистики и развития Евразийского континента, обеспечения связи между северными и южными морями».

2) По некоторым оценкам, в регионе сосредоточено до 40% мировых запасов марганца, а также лития, графита, наряду с другими редкоземельными элементами (РЗЭ). В Самаркандской Декларации «5+ЕС» все эти элементы названы общим термином «критические», а в более ранних документах ЕС использован термин «стратегические» (хотя в Декларации данного саммита кратко указано лишь об их «востребованности для «зелёной» и цифровой трансформации мировой экономики»). Вне зависимости от терминологии эти материалы необходимы для высокотехнологичных современных производств. Важно подчеркнуть, что тема редкоземельных элементов уже устойчиво стала в последние годы предметом двусторонних «деклараций о намерениях» и «меморандумов о взаимопонимании» между ЕС и странами «пятерки» (в частности, Казахстана, Узбекистана, Киргизии), направленных на привлечение крупных инвестиций в разработку и переработку редкоземельных элементов в ЦА. Таким образом, налицо очевидная связь 1-го и 2-го упомянутых пунктов, т.к. упомянутый выше Global Gateway является на деле глобальной и ключевой инициативой ЕС по инвестициям в т.н. «структурные устойчивые проекты» во всём мире (такие проекты отнюдь не всегда сугубо «транспортные», но, прежде всего, «сырьевые», с безусловной привязкой к необходимости транспортного обеспечения). Особенностью этой инициативы является то, что она исходит не только из собственных интересов ЕС, но учитывает и потребности стран-партнёров, с целью обеспечения их собственных долгосрочных интересов (для осуществления подобных проектов ЕС планирует привлечь до 300 млрд евро к 2027 г., и на сегодня такие договоренности уже существуют у ЕС с 9 странами, на

всех континентах). В этой связи отметим, что добыча РЗЭ и иного «критического сырья» лишь поверхностно совпадает с традиционной «добычей полезных ископаемых», существенно и качественно отличаясь от последней по целому ряду параметров, в сторону существенного усложнения процессов (включая негативные последствия для окружающей природной среды и энергосбережения). Следует подчеркнуть, что соперничество за доступ к РЗЭ в мире нарастает уже не первый год и приобретает отчетливый геополитический характер, причём оно разворачивается прежде всего между самими ведущими мировыми державами. Отметим в заключение, что такие важные ресурсы, как уран (а к нему сегодня добавился и водород – есть начальные проекты производства в ЦА «зелёного водорода» (методом электролиза из воды) для стран ЕС), лишь мельком упомянуты в материалах Первого саммита «5+ЕС», хотя очевидно, что для некоторых стран ЕС доступ к этим ресурсам имеет первостепенное значение.

3) «Чистая энергетика» на первый взгляд – традиционная тема для долгосрочной «зелёной стратегии» ЕС, но, обращенная на страны ЦА (учитывая природно-климатические особенности региона), приобретает иное значение, становится установкой на радикальный (и притом общерегиональный) пересмотр энергетической политики – переход от устоявшихся углеродной и гидроэнергетики к наращиванию доли возобновляемой энергии (солнце, ветер, биомасса, геотермальные источники). В том же ракурсе планируется модернизация связанных с энергетикой, и особенно с сельхозпроизводством, водопользования в регионе, являющегося застарелой проблемой для всех пяти стран ЦА (практические проекты с участием ведущих европейских (французских) фирм стартовали в 2025 году в Узбекистане). Вместе с тем очевидно, что такой переход повлечет за собой кардинальный пересмотр стратегии, политики, организации и практики обеспечения энергетической и водной безопасности каждого из государств (что может быть осуществлено только со сменой «концептуального подхода» и потребует времени, если не смены поколений). С другой стороны, благоприятным фактором являются отмеченные выше базовые природно-географические данные региона для становления и развития «зелёной энергетики».

4) Проблема цифровой связи в центральноазиатском регионе уже не сводится только к «доступу к Интернету», а встаёт как гораздо более масштабная задача создания технической возможности для интегрального покрытия всей территории региона и далеко за его пределами). Очевидно также, что, помимо решения этой необходимой технической задачи, речь пойдёт в дальнейшем о реальном подключении всей территории центрально-азиатского пространства к «всемирной сети» (на деле – движение в направлении спутниковой системы связи ЕС).

Не вызывает сомнений, что рассмотренная выше Декларация «5+ЕС» обозначила крупные перспективные темы сотрудничества, причем следует отметить, что в разной степени,

но все уже осуществляемые и новые проекты будут обязательно включать «экологическую компоненту» в логике т.н. «устойчивого развития».

На фоне перечисленных перемен в подходах крупных «внешних игроков» в евразийском регионе на международном экспертном уровне общепризнано и то, что регион неизменно останется в повестке дня глобальной экономики и политики, тому способствует геополитическое положение ЦА, возрастающая роль Китая в «Большой Евразии», центральное географическое расположение региона как неизбежного и сложного перекрёстка разнонаправленных транспортно-торговых коридоров (включая ОПОП, Транскаспийский транспортный коридор и МТК Север-Юг), далеко выходящих за пределы ЦА, наконец, наличие важных природных ресурсов, значение некоторых из которых устойчиво нарастает.

Разумеется, Россия не может остаться в стороне от этих «глубинных перемен» и ей предстоит выстроить соответствующую стратегию в регионе и за его пределами, используя ряд очевидных технологических и социальных преимуществ и инструментов, которые остались в «потенциале» у России. Важными институтами в реализации этой стратегии (помимо двусторонних отношений) по геоэкономическим и геополитическим причинам призваны сыграть ШОС и БРИКС. Опираясь на итоги проведённого анализа и учитывая остроту экологической ситуации в регионе, можно сформулировать предложение по включению экологической проблематики в программу сотрудничества стран БРИКС+, расширив её действие и на страны ЦА с опорой на мегапроект «Экологическая платформа БРИКС», подготовленный российскими коллегами. Одним из практических путей налаживания такого сотрудничества могло бы стать создание «экологической платформы» в рамках данного Объединения.

Литература

1. В Нью-Йорке впервые прошёл саммит Центральной Азии и США [Электронный ресурс] // Ведомости. – 21.09.2023. (<https://www.vedomosti.ru/politics/articles/2023/09/21/996235-v-pyu-iorke-vpervie-proshel-sammit-tsentralnoi-azii-i-ssha> (дата обращения: 09.11.2025)).
2. В чём рост международного внимания к Центральной Азии: материалы международного аналитического ситуационного анализа (15 мая 2025 г.) [Электронный ресурс] // Berlek. – 2025. (<http://berlek-nkp.com/analytics/13748-v-chem-rost-mezhdunarodnogo-vnimaniya-k-centralnoy-azii.html>).
3. За последние 20 лет валовой внутренний продукт Центральной Азии увеличился в 7 раз [Электронный ресурс] // Национальное информационное агентство Таджикистана «Ховар». – 2023. – Загл. с экрана. – URL: <https://khovar.tj/rus/2023/09/za-poslednie-20-let-valovoj-vnutrennij-produkt-tsentralnoj-azii-uvelichilsya-v-7-raz/>.
4. Казахстан получил доступ к крупнейшему банку «зелёных» технологий Китая [Электронный ресурс] // Казахская правда. – 2025. (<https://kazpravda.kz/n/kazakhstan-poluchil-dostup-k-krupneysheму-banku-zelenyh-tehnologiy-kitaya/>).
5. Критически важное сырьё для Евросоюза: список стратегических металлов и минералов [Электронный ресурс] // Gazeta.uz. – 05.04.2024. (<https://www.gazeta.uz/ru/2024/04/05/eu-crm/>).
6. A.D. Nesmashny *Pathways to Peace and Security*, 2024, 1(66), с. 229–253. DOI: 10.20542/2307–1494–2024–1–229–253.
7. Политика новой администрации Д. Трампа в Центральной Азии [Электронный ресурс] // Российский совет по международным делам (РСМД). – 2017. (<https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/politika-novoy-administratsii-d-trampa-v-tsentralnoy-azii/>).
8. Президент Туркменистана и министр иностранных дел России подтвердили стратегическое партнёрство и сотрудничество двух стран в ключевых секторах экономики [Электронный ресурс] // News Central Asia. – 26.06.2025. (<https://www.newscentralasia.net/2025/06/26/prezident-turkmenistana-i-ministr-inostrannykh-del-rossii-podverdili-strategicheskoye-partnerstvo-i-sotrudnichestvo-dvukh-stran-v>
9. Редкоземельные элементы Центральной Азии: шкура неубитого медведя [Электронный ресурс] // Cronos.Asia. – 2024. – (<https://cronos.asia/ekonomika/redkozemelnye-elementy-centralnoj-azii-shkura-neubitogo-medvedya>).
10. Си Цзиньпин выступил на саммите «Китай – Центральная Азия» в Сиане [Электронный ресурс] // CGTN Russian. – 19.05.2023. (<https://russian.cgtn.com/news/2023-05-19/1659526778029502466/index.html>).
11. М. Лаумулин, А. Малик *Центральная Азия и Кавказ*, 2010, 13(1), с. 90–109.
12. A Blueprint for Resilience: Charting the Course for Water Security in Europe and Central Asia: Diagnostic report. – Washington, DC: World Bank, 2024. (<https://www.worldbank.org/en/topic/water/publication/a-blueprint-for-resilience-charting-course-for-water-security-in-europe-and-central-asia>).
13. Central Asia Population (LIVE) [Digital resource] // Worldometer. – 2025. (<https://www.worldometers.info/world-population/central-asia-population/>).
14. C5+1 Leaders' Joint Statement: The New York Declaration: C5+1 Resilience through Security, Economic, and Energy Partnership, 21 September 2023 [Электронный ресурс] // The White House. – 21.09.2023. (<https://bidenwhitehouse.archives.gov/briefing-room/statements-releases/2023/09/21/c51-leaders-joint-statement/>).
15. Council conclusions on the New EU Strategy on Central Asia, 17 June 2019 [Электронный ресурс] // Council of the European Union. – Brussels, 17.06.2019. – (Док. 10221/19). (<https://www.consilium.europa.eu/media/39778/st10221-en19.pdf>).
16. A Blueprint for Resilience: Charting the Course for Water Security in Europe and Central Asia. Diagnostic report [Электронный ресурс]. – Washington, DC: World Bank, 2024. (<https://www.worldbank.org/en/topic/water/publication/a-blueprint-for-resilience-charting-course-for-water-security-in-europe-and-central-asia>).
17. European Critical Raw Materials Act [Электронный ресурс] // European Commission. – 16.03.2023. (https://commission.europa.eu/topics/eu-competitiveness/green-deal-industrial-plan/european-critical-raw-materials-act_en).

English

The genesis of Central Asia within the context of global and macro-regional dynamics: a quest for a harmonious balance between economic, ecological, and political factors

Stepan A. Kozhemyakov

Institute of China and Contemporary Asia RAS, Center for
Central Asian Studies
32, Nakhimovsky Prospekt, 32, Moscow 117997, Russia
1142220277@pfur.ru

Abstract

During many decades already the countries of Central Asia (CA) in its regional and global positioning was considered as the zone of increasing ecological troubles (in particular, combining water, energy and food security' aspects). On the other hand this sub-region of Big Eurasia represents also the area of rapid growth and potentially of increasing importance in geoeconomics and pending geopolitical dimension. The article is based on the author's inter-disciplinary methodology and represents the results of complex analysis of given and prospective situation in the CA, and also the positioning of main global actors which becomes more proactive in this region.

Following this analysis, some proposals regarding future cooperation between BRICS+ and CA countries on the basis of Megaproject “Ecological Platform for BRICS” were presented targeting the establishment of specific “ecological platform” within this Organization.

Keywords: Central Asia, ecological and regional security, sustainable development, water problem, rare materials resources, key actors, international cooperation, BRICS ecological cooperation.

References

1. The Central Asia-USA Summit was held in New York for the first time [Digital resource] // Vedomosti. – 09/21/2023. – Title from the screen. (<https://www.vedomosti.ru/politics/articles/2023/09/21/996235-v-nyu-i-orke-vpervie-proshel-sammit-tsentralnoi-azii-i-ssha>).
2. What is the reason for the growing international attention to Central Asia: materials of the international analytical situational analysis (May 15, 2025) [Digital resource] // Berlek. – 2025. – Cover from the screen. – (<http://berlek-nkp.com/analytics/13748-v-chem-rost-mezhdunarodnogo-vnimaniya-k-centralnoy-azii.html>).
3. Over the past 20 years, the gross domestic product of Central Asia has increased 7 times [Digital resource] // National Information Agency of Tajikistan “Khovar”. – 2023. – Cover from the screen. (<https://khovar.tj/rus/2023/09/za-poslednie-20-let-valovoj-vnutrennij-produkt-tsentralnoj-azii-uvlechilsya-v-7-raz/>).
4. Kazakhstan gained access to the largest bank of “green” technologies in China [Digital resource] // Kazakhskaya Pravda. – 2025. – Cover from the screen. (<https://kazpravda.kz/n/kazakhstan-poluchil-dostup-k-krupneyshemu-banku-zelenyh-tehnologiy-kitaya/>).
5. Critical raw materials for the European Union: list of strategic metals and minerals [Digital resource] // Gazeta.uz. – 04/05/2024. (<https://www.gazeta.uz/ru/2024/04/05/eu-crm/>). (date of access: 11/09/2025).
6. **A.D. Nesmashny**
Pathways to Peace and Security, 2024, 1(66), pp. 229–253.
DOI: 10.20542/2307–1494–2024–1–229–253.
7. Policy of the new D. Trump administration in Central Asia [Digital resource] // The Russian Council on International Affairs (RIAC). – 2017. (<https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/politika-novoy-administratsii-d-trampa-v-tsentralnoj-azii/>).
8. The President of Turkmenistan and the Minister of Foreign Affairs of Russia confirmed the strategic partnership and cooperation between the two countries in key sectors of the economy [Digital resource] // News Central Asia. – 06/26/2025. (<https://www.newscentralasia.net/2025/06/26/prezident-turkmenistana-i-ministr-inostrannykh-del-rossii-podtverdili-strategicheskoye-partnerstvo-i-sotrudnichestvo-dvukh-stran-v-klyuchevykh-sektorakh-ekonomiki/>).
9. Rare earth elements of Central Asia: the skin of an unkillable bear [Digital resource] // Cronos.Asia. – 2024. (<https://cronos.asia/ekonomika/redkozemelnye-elementy-centralnoj-azii-shkura-neubitogo-medvedya>).
10. Xi Jinping speech at the China–Central Asia Summit in Xi'an [Digital resource] // CGTN English. – 05/19/2023. (<https://russian.cgtn.com/news/2023–05–19/1659526778029502466/index.html>).
11. **M. Laumulin, A. Malik**
Central Asia and the Caucasus, 2010, 13(1), pp. 90–109.
12. A Blueprint for Resilience: Charting the Course for Water Security in Europe and Central Asia: Diagnostic report. – Washington, DC: World Bank, 2024. (https://www.worldbank.org/en/topic/water/publication/a-blueprint-for-resilience-charting-course-for-water-security-in-europe-and-central-asia?utm_source=chatgpt.com academia.edu).
13. Central Asia Population (LIVE) [Digital resource] // Worldometer. – 2025. (<https://www.worldometers.info/world-population/central-asia-population/>).
14. C5+1 Leaders' Joint Statement: The New York Declaration: C5+1 Resilience through Security, Economic, and Energy Partnership, 21 September 2023 [Digital resource] // The White House. – 21.09.2023. – (<https://bidenwhitehouse.archives.gov/briefing-room/statements-releases/2023/09/21/c51-leaders-joint-statement/>).
15. Council conclusions on the New EU Strategy on Central Asia, 17 June 2019 [Digital resource] // Council of the European Union. – Brussels, 17.06.2019. – (Doc. 10221/19). (<https://www.consilium.europa.eu/media/39778/st10221-en19.pdf>).
16. A Blueprint for Resilience: Charting the Course for Water Security in Europe and Central Asia. Diagnostic report [Digital resource]. – Washington, DC: World Bank, 2024. (<https://www.worldbank.org/en/topic/water/publication/a-blueprint-for-resilience-charting-course-for-water-security-in-europe-and-central-asia>).
17. European Critical Raw Materials Act [Digital resource] // European Commission. – 16.03.2023. (https://commission.europa.eu/topics/eu-competitiveness/green-deal-industrial-plan/european-critical-raw-materials-act_en).

Интеграция Узбекистана в экономическое пространство БРИКС в контексте устойчивого водного развития

Э.Т. Якубова

Статья посвящена оценке потенциала и возможностей Узбекистана в контексте интеграции в экономическое пространство с учётом приоритетов устойчивого водного развития. Анализируются ключевые шаги страны в переходе к проактивной водной политике, включая внедрение водосберегающих и цифровых технологий, модернизацию ирригационной инфраструктуры и обеспечение доступа к чистой питьевой воде. Подчёркивается значение участия Узбекистана в БРИКС как платформе для привлечения инвестиций, обмена передовым опытом и научно-технического сотрудничества в области водного управления. Особое внимание уделено водной дипломатии Узбекистана, его вкладу в трансграничное сотрудничество.

Ключевые слова: Узбекистан, БРИКС, водная безопасность, устойчивое развитие, трансграничные ресурсы, водная дипломатия, Центральная Азия.

В условиях растущей нагрузки на водные ресурсы и усугубления глобальных климатических изменений, провоцирующих, в свою очередь, проблемы недостатка пресной воды, совершенствование системы водного управления становится критически важным. Каждый кубометр воды является залогом обеспечения продовольственной безопасности, экономического роста и здоровья граждан.

В Стратегии «Узбекистан-2030» во главу угла решения вопросов сбережения водных ресурсов и охраны окружающей среды поставлены следующие задачи [1]:

- увеличение эффективности водопользования на 25%, внедрение водосберегающих технологий на 2 млн. га (в т.ч. капельного орошения – 600 тыс. га);
- доведение КПД ирригационной системы до 0.73, перевод каналов на бетонное покрытие и закрытые трубные сети; доведение доли бетонных покрытий магистральных и межхозяйственных каналов до 46% (13.1 тыс. км);
- замена 1069 насосов и 1079 электродвигателей, снижение энергопотребления на 30%, переход на альтернативные источники энергии;

- автоматизация не менее 100 водохозяйственных объектов, установка счетчиков всем пользователям питьевой воды, внедрение стандартов качества водоснабжения и канализации;
- расширение мощностей отечественных производителей водосберегающих технологий до 300 тыс. га в год;

- снижение засоленных земель до 1.7 млн га, в т.ч. сильно- и средnezасоленных земель до 430 тыс. га, с проблемным уровнем подземных вод до 773.4 тыс. га;

- разработка и постоянный мониторинг долгосрочного баланса водных ресурсов, привлечение частного сектора и развитие ГЧП в обработке, подаче и распределении воды.

В этом плане интеграция Узбекистана в международные экономические объединения, в частности БРИКС, становится всё более значимой на фоне необходимости выработки совместных решений в ответ на вызовы глобального потепления, дефицита водных ресурсов и устойчивого развития. Участие в БРИКС открывает перед Узбекистаном возможности не только для привлечения финансовых и технологических ресурсов, но и для обмена передовым опытом в области водного управления, агроинноваций и «зелёной» трансформации экономики.

Сотрудничество с государствами БРИКС, обладающими значительным научным потенциалом и практикой в сфере устойчивого водопользования (например, Китаем, Индией и Бразилией), может способствовать внедрению в Узбекистане более совершенных моделей распределения и мониторинга водных ресурсов. В свою очередь, Узбекистан может внести ценный вклад в общую повестку БРИКС за счёт своих инициатив в сфере водной дипломатии, цифровизации водохозяйственного сектора и регионального трансграничного сотрудничества [2].



ЯКУБОВА

Элнора-Хан
Талабхановна

с.н.с.,
Институт макроэкономических
и региональных исследований,
Узбекистан

В последние годы страна демонстрирует твёрдую приверженность переходу от реактивного подхода к проактивной водной политике. Комплексные и масштабные преобразования охватывают внедрение современных технологий капельного и дождевого орошения, автоматизацию систем водораспределения, а также реконструкцию ирригационной инфраструктуры. Эти меры направлены на значительное сокращение потерь воды и повышение продуктивности сельского хозяйства, что в долгосрочной перспективе способствует устойчивому развитию аграрного сектора и всей экономики страны.

С 2024 года в стране введена трёхступенчатая вертикальная система управления, включающая регулирование государственной водной политики (высшее звено), эксплуатацию и строительство водохозяйственных объектов (среднее звено), а также доставку воды непосредственно потребителям (нижнее звено) [3].

С удовлетворением следует отметить, что реализуемые меры в сфере водных ресурсов уже демонстрируют положительную динамику. Качественные преобразования в водной системе Узбекистана строятся на реализации стратегических действий, объединённых вокруг 5-ти ключевых направлений.

Во-первых, совершенствование ресурсосбережения в сельском хозяйстве, в частности, внедрение водосберегающих технологий на более 2 млн га площадей, в том числе 563.1 тыс га – технологии капельного орошения, – это только начало технологического прогресса в аграрном секторе.

Во-вторых, сегодня, когда во многих регионах мира дефицит водных ресурсов приобретает всё более острый характер и усугубляется под воздействием климатических изменений и растущих конфликтов, доступ к безопасной питьевой воде становится не просто задачей, а глобальным приоритетом. В данном контексте, в рамках инициативы «Чистая вода в каждый дом» Узбекистан предпринимает решительные шаги для обеспечения своих граждан жизненно необходимыми ресурсами. В стране активно реализуются проекты по строительству и модернизации систем водоснабжения, в особенности в сельской местности. Благодаря этим усилиям свыше 29 тыс. чел. охвачено централизованным водоснабжением, уровень обеспеченности населения достиг 80.9%.

В-третьих, широкая цифровизация сектора, обусловленная внедрением цифровых устройств «Smart water», а также информационной системы smartwater.uz, позволила вести онлайн-мониторинг потребления воды 13-ти тысяч водохозяйственных объектов и на 10% улучшить работу по управлению и контролю воды.

В-четвертых, в рамках экологической охраны водных систем ведется системная работа по защите водоёмов от загрязнения, включая внедрение современных технологий очистки и мониторинга качества воды, а также строгий контроль за соблюдением экологических норм. Как результат этого можно отметить положительную динамику сокращения индекса загрязнения воды до 1.29.

Параллельно с этим активизировалась работа по модернизации ирригационных систем, реконструкции устаревших

оросительных каналов. Эти и другие меры в конечном счете обеспечили повышение уровня эффективности использования ценного ресурса до 1.905 (2023 г.), а также сокращение водоёмкости экономики до 505.7 куб. м/тыс. долл. США.

В-пятых, водная дипломатия Узбекистана в региональном сотрудничестве по рациональному использованию водных ресурсов осуществляется на принципах учета интересов всех стран Центральноазиатского региона, разделяющих трансграничные водные ресурсы, открытости и регулярном диалоге между странами бассейнов Амударьи и Сырдарьи.

Отдельно останавливаясь на последнем, хотелось бы подчеркнуть, что поворотным моментом в укреплении межрегионального доверия стало изменение подхода Узбекистана – страна сделала ставку на активную водную дипломатию и стремление к компромиссным решениям. Таким образом, благодаря стратегическому подходу, ориентированному на «общие выгоды», проекты Рогунской и Камбаратинской ГЭС-1 открыли путь к модернизации гидропостов на трансграничных реках, а также к развитию энергетического партнёрства с Таджикистаном и Казахстаном.

Вместе с тем, реализация региональной инициативы «Зелёная Центральная Азия», запущенной в 2020 г., является своеобразной платформой для обмена климатическими и водными данными, разработки национальных и трансграничных планов адаптации, проведения совместных тренингов и исследований.

Проводя масштабные реформы в водном секторе, Узбекистан формирует фундамент для включения в эти процессы. Инфраструктурные проекты по реконструкции оросительных каналов, цифровому мониторингу водопотребления, строительству систем централизованного водоснабжения, особенно в сельской местности, могут найти поддержку в виде прямых инвестиций и технологического трансфера со стороны стран БРИКС. Особо

значимо, что ключевые направления водной политики страны – водосбережение, цифровизация, экологическая безопасность, трансграничное сотрудничество – соответствуют стратегическим направлениям, поддерживаемым в рамках БРИКС [4]. Это открывает возможности для совместных инициатив, обмена опытом и выработки согласованных подходов к водному управлению на региональном и глобальном уровнях.

В июне 2025 года Бюро управляющих New Development Bank дало «принципиальное согласие» на вступление Узбекистана в состав стран-членов NDB [5]. Были сформированы приоритетные проекты объёмом около 5 млрд долл. США, среди них – модернизация ирригационных систем и инфраструктуры, в том числе реконструкция каналов, цифрового мониторинга и систем централизованного водоснабжения, особенно в сельской местности.

Узбекистан активно использует дипломатические инструменты и предпринимает собственные инициативы для рационального водопользования в Центральной Азии. Страна участвует в международных форумах и конференциях, посвящённых проблемам Арала, продвигает совместные проекты по управлению водными ресурсами с другими странами региона.

В рамках деятельности Многопартнерского трастового фонда для региона Приаралья, являющегося особым механизмом для консолидации усилий стран региона и международных партнёров, реализуются проекты по улучшению системы здравоохранения, обеспечению доступа к чистой питьевой воде, поддержке устойчивого сельского хозяйства и восстановлению лесного покрова на высохшем дне Аральского моря.

Узбекистан также поощряет участие Афганистана в переговорах формата C₅₊₁ в области водных вопросов. Данный формат рассматривается как важная платформа для выстраивания устойчивого взаимодействия по трансграничным водным вопросам, особен-

но учитывая, что водные ресурсы имеют стратегическое значение как для Центральной Азии, так и для северных провинций Афганистана.

Узбекистан выступает за включение Афганистана в региональные переговорные процессы, подчеркивая необходимость прозрачного и координированного подхода к управлению трансграничными водными потоками. Это особенно актуально на фоне новых водохозяйственных проектов, реализуемых в Афганистане, включая строительство водохранилищ и ирригационных систем, которые потенциально могут повлиять на водный баланс региона.

Содействие Узбекистана участию Афганистана в диалоге направлено на укрепление доверия, предотвращение конфликтов и выработку взаимовыгодных решений, способствующих как региональной стабильности, так и устойчивому развитию. Такой подход соответствует принципу «вода как элемент мира, а не конфликта», который становится ключевым ориентиром в новой водной дипломатии Центральной Азии.

Такой подход созвучен с внешнеполитической философией БРИКС, которая акцентирует внимание на многосторонности, поиске сбалансированных решений в условиях ограниченных ресурсов. В этом контексте Узбекистан может быть воспринят как стратегический партнёр, способный усилить экологическую и водную повестку БРИКС в Центральной Азии.

На сегодняшний день перед государствами Центрально-азиатского региона стоит стратегическая задача выработки новой консолидированной водной политики, ориентированной на обеспечение справедливого, рационального и устойчивого управления водными ресурсами. В условиях роста населения, климатических изменений и увеличения потребностей в воде для сельского хозяйства, энергетики и промышленности данная политика приобретает особую актуальность, так как от неё напрямую зависит продовольственная, энергетическая и экологическая безопасность всего региона.

Учитывая трансграничный характер большинства водных артерий Центральной Азии, в частности рек Амударья, Сырдарья, Зарафшана, Чирчика, новая политика должна строиться на основе фундаментальных принципов международного водного права. К их числу относятся: обязательство по предотвращению трансграничного ущерба, разумное и справедливое использование водных ресурсов, принцип добрососедства, а также взаимная ответственность государств, транспарентность в принятии решений и укрепление доверия между сторонами.

Концептуальные основы такой политики предполагают комплексный и многоуровневый подход. Прежде всего, необходимо создание системы совместного мониторинга и регулярного обмена гидрометеорологическими данными, что позволит формировать объективную картину состояния водных ресурсов и прогнозировать их использование. Важно согласованное планирование водохозяйственной деятельности, включая координацию режимов работы водохранилищ, дамб и ирригационных систем, что снизит риски конфликтов и обеспечит более равномерное распределение водных потоков. Неотъемлемой

частью должна стать цифровизация водного сектора: внедрение спутникового мониторинга, сенсорных систем контроля за использованием воды, а также технологий «умного орошения», позволяющих существенно сократить потери.

Особое внимание следует уделить укреплению институциональных механизмов трансграничного водного управления. Это может включать как модернизацию уже существующих структур (например, Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии), так и создание новых платформ, обеспечивающих учет интересов всех стран региона. В этом контексте важна выработка единых стандартов и правовых рамок, согласованных с международными нормами и региональной спецификой.

Не менее значимым направлением является развитие научного и технического сотрудничества. Создание консорциумов исследовательских центров, проведение совместных экспедиций и обмен опытом в сфере водосберегающих технологий станут прочной основой для долгосрочной устойчивости. Важно также стимулировать образовательные программы и подготовку специалистов в области гидрологии, климатологии и экологического менеджмента.

Ключевым элементом новой водной политики должно стать развитие диалоговых площадок и механизмов дипломатического взаимодействия, включая вовлечение международных организаций (ООН, Всемирный банк, ПРООН, ЕС, ШОС, БРИКС) в качестве партнеров по финансированию, экспертизе и медиативной поддержке. Это позволит обеспечить дополнительное привлечение ресурсов, повысить легитимность принимаемых решений и укрепить региональную солидарность.

В рамках интеграции Узбекистана в экономическое пространство БРИКС следует углубить акцент на следующие стратегические направления:

1. Расширение доступа к инвестициям и кредитным ресурсам Нового банка развития БРИКС и национальных фондов стран-участников для реализации проектов в сфере ирригации, модернизации систем водоснабжения и дренажа, а также развития «зелёной» энергетики (солнечные и гидроэлектростанции, биоэнергетика) позволит повысить эффективность использования водных ресурсов и снизить нагрузку на окружающую среду. В качестве пилотной инициативы использование ресурсов Нового банка развития БРИКС (NDB) можно направить на модернизацию ирригационных систем в Бухарской, Хорезмской областях и Республике Каракалпакстан, а также строительство солнечных электростанций в Навоийской и Джизакской областях. К примеру, Индия при поддержке NDB профинансировала проект по модернизации дренажных систем в сельских районах, что привело к повышению урожайности риса и пшеницы.

2. Активное участие в совместных проектах БРИКС по разработке и внедрению цифровых решений и климатостойчивых технологий управления водными ресурсами (умные сенсорные системы, дистанционный мониторинг, автоматизированное управление ирригацией), а также по обеспечению продовольственной безопасности, особенно в условиях нара-

стающего дефицита воды и засушливого климата, позволит экономить до 30–40% воды. К примеру, Китай реализует проекты дистанционного мониторинга рек и подземных вод через спутниковую систему BeiDou, Бразилия развивает климатостойчивые сельхозтехнологии для сои и кукурузы.

3. Вовлечение Узбекистана в электронные платформы и сетевые форматы БРИКС для системного обмена знаниями, лучшими практиками и исследованиями в области водного и сельскохозяйственного управления, а также для активного участия в международных экспертных советах создаст условия для разработки стандартов водной безопасности и продвижения национальных интересов страны на глобальном уровне. К примеру, посредством участия на BRICS Water Forum или BRICS Agricultural Research Platform Узбекистан может представить опыт борьбы с опустыниванием и засолением земель, а также изучить успешные практики Бразилии по восстановлению деградированных почв.

4. Посредством совместного развития транспортно-логистической инфраструктуры, упрощения таможенных процедур и снижения нетарифных барьеров возможно значительно расширить экспортный потенциал Узбекистана, продвигая сельскохозяйственную продукцию, переработанные товары и агросервисы на рынки стран БРИКС. Для этого важно развивать логистику, в частности, использование транспортного коридора «Север-Юг» (через Иран и Индию) и сопряжение с китайской инициативой «Один пояс, один путь» позволит расширить экспортные каналы в Индию и Бразилию.

5. Развитие партнерства с ведущими университетами и научными центрами стран БРИКС для подготовки кадров, проведения совместных исследований и пилотных проектов в сфере устойчивого водного развития, что позволит формировать собственные научные школы и укреплять инновационный потенциал Узбекистана. К примеру, в рамках BRICS Network University возможно создание совмест-

ных исследовательских программ с российскими и индийскими университетами по тематике устойчивого водного развития, а сотрудничество с университетами Бразилии, имеющими опыт управления бассейнами рек Амазонки, даст Узбекистану ценные наработки для управления бассейнами Сырдарьи и Амударьи.

6. Акцент на совместные программы по развитию сельских территорий,

обеспечению доступа населения к чистой воде, внедрению передовых технологий очистки и повторного использования воды, а также минимизации негативных последствий климатических изменений для аграрного сектора. Совместные проекты по обеспечению сельских районов чистой водой могут быть реализованы при поддержке Китая, который уже внедряет низкочастотные системы очистки воды в бедных деревнях. Для Узбекистана это особенно актуально в Каракалпакстане и Хорезмской области, где наблюдаются последствия высыхания Аральского моря. Кроме этого, возможно развитие совместных проектов по повторному использованию сточных вод для полива технических культур.

Литература

1. Указ Президента Республики Узбекистан «О Стратегии «Узбекистан – 2030» №УП-158 от 11.09.2023 г. (<https://lex.uz/ru/docs/6600404>).
2. Материалы сборников «UN World Water Development Report». (<https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report>).
3. Указ Президента Республики Узбекистан № УП-74 «Об определении приоритетных направлений внедрения и развития современной системы управления в водном хозяйстве» от 07.05.2024 г. (<https://lex.uz/ru/docs/6913768>).
4. New Development Bank adds Colombia, Uzbekistan as official new members. (<https://www.globaltimes.cn/page/202507/1337691>).
5. Uzbekistan Set to Join the BRICS New Development Bank (<https://infobrics.org/en/post/51564>).

English

Uzbekistan's integration into the BRICS economic space in the context of sustainable water development

Elnora-Xan T. Yakubova

Institute for Macroeconomic and Regional Studies
33, Khadra area, Tashkent, 100011, Republic of Uzbekistan
yakubovaelnora@mail.ru

Abstract

This article assesses Uzbekistan's potential and capabilities in the context of its integration into the global economic space, taking into account sustainable water development priorities. It analyzes the country's key steps in transitioning to a proactive water policy, including the introduction of water-saving and digital technologies, the modernization of irrigation infrastructure, and access to clean drinking water. It emphasizes the importance of Uzbekistan's participation in BRICS as a platform for attracting investment, sharing best practices, and scientific and technical cooperation in water management. Particular attention is paid to Uzbekistan's water diplomacy and its contribution to transboundary cooperation.

Keywords: Uzbekistan, BRICS, water security, sustainable development, transboundary resources, water diplomacy, Central Asia

References

1. Decree of the President of the Republic of Uzbekistan "On the Strategy "Uzbekistan – 2030" No. UP-158 dated September 11, 2023. (<https://lex.uz/ru/docs/6600404>).
2. Materials from the "UN World Water Development Report" collection. (<https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report>).
3. Decree of the President of the Republic of Uzbekistan No. UP-74 "On identifying priority areas for the implementation and development of a modern water management system" dated May 7, 2024. (<https://lex.uz/ru/docs/6913768>).
4. New Development Bank adds Colombia, Uzbekistan as official new members. (<https://www.globaltimes.cn/page/202507/1337691>).
5. Uzbekistan Set to Join the BRICS New Development Bank. (<https://infobrics.org/en/post/51564>).

Сотрудничество России и Индии в решении экологических проблем в сельском хозяйстве: современное состояние и перспективные направления

И.В. Дерюгина

Россия и Индия имеют достаточно большой потенциал для сотрудничества в сфере развития экологически чистого сельского хозяйства. Такое сотрудничество приобретает различные формы – совместные научные исследования, обмен технологиями органического агропроизводства, поставки экопродукции. Принципы продвижения экологически чистого сельского хозяйства направлены на снижение негативного воздействия агропродовольственного комплекса на окружающую среду. Сельское хозяйство Индии, известное благодаря своему биоразнообразию достаточно устойчивыми экосистемами, в последнее десятилетие все глубже втягивается в экологические проблемы. В стране существуют серьезные вызовы, связанные с загрязнением воздуха, воды, повышением химизации и деградации почвы. Главные причины экологического кризиса в Индии кроются в быстром экономическом росте, высоких темпах урбанизации, усилении демографической нагрузки, требующей интенсификации производства продовольствия. Сельское хозяйство вносит значительный вклад в ухудшение экологической обстановки, за период 2010–2022 гг. рост влияния агропродовольственных систем на выбросы парниковых газов оценивался в 30%.

Ключевые слова: Индия, Россия, экология, сотрудничество, устойчивое сельское хозяйство, эмиссия парниковых газов, деградация почв, обезлесение, загрязнение воды.

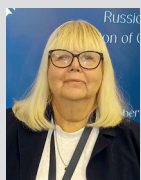
Россия и Индия имеют достаточно большой потенциал для сотрудничества в сфере развития экологически чистого сельского хозяйства. Такое сотрудничество приобретает различные формы: совместные научные исследования, обмен технологиями органического агропроизводства, поставки экопродукции. Принципы продвижения экологически чистого сельского хозяйства направлены на снижение негативного воздействия агропродовольственного комплекса на окружающую среду.

Сельское хозяйство Индии, известное благодаря своему биоразнообразию достаточно устойчивых экосистем, в последнее десятилетие все глубже втягивается в экологические проблемы, которые угрожают ее социуму. Основными экологическими проблемами являются: вырубка лесов и деградация сельскохозяйственных земель, истощение ресурсов (таких как вода, полезные ископаемые, лес, песок и горные породы), деградация окружающей среды, здоровье населения, утрата биоразнообразия, утрата устойчивости экосистем, обеспечение средств к существованию для бедных слоев населения. А также изменение режима выпадения осадков и экстремальные погодные явления, вызванные изменением климата; неадекватная инфраструктура для утилизации отходов, приводящая к загрязнению окружающей среды; деградация прибрежных районов, выражающаяся в береговой эрозии; загрязнение и разрушение среды обитания вдоль береговой линии из-за деятельности человека и изменения климата [1].

Все эти вызовы приводят к потере устойчивости экологической системы Индии. По выбросам парниковых газов Индия в антирейтинге занимает третье место после Китая и США (рис. 1).

По данным на начало 2020-х гг., Индия была одной из стран с наибольшим загрязнением воздуха, смертность от загрязнения воздуха в 2019 г. составляла 141 смерть на 100 тыс. человек. В рейтинге страна располагалась между Ботсваной (139 смертей на 100 тыс. чел.) и Суданом (143 смерти на 100 тыс. чел.) [2].

В Индии существуют серьезные проблемы с загрязнением воды. Сброс неочищенных сточных вод является важной причиной загрязнения поверхностных и грунтовых вод, поскольку существует большой разрыв между формированием и очисткой бытовых сточных вод. В 2019 г. в Индии смертность от небезопасного водоснабжения, слабого соблюдения санитарных и гигиенических норм



ДЕРЮГИНА
Ирина Владимировна
к.э.н.,
Институт востоковедения
РАН

составляла 36.4 смерти на 100 тыс. человек (располагалась Индия по этому показателю в рейтинге между Зимбабве и Джибути). Причем в основном страдали женщины: женская смертность равнялась 45.4, а мужская – 26.1 смерти на 100 тыс. человек.

Однако нельзя сказать, что в стране не стремятся улучшить данную ситуацию. Так, в 2024 г. доля безопасно очищенных бытовых сточных вод составляла 29%, и по этому показателю наблюдается некоторый прогресс, так как в 2022 г. он был равен 21%. В то же время в среднем по миру доля безопасно очищенных бытовых сточных вод в 2024 г. составляла 56% [3].

Помимо этого, загрязнение воды влияет на утрату биоразнообразия. Например, 16% пресноводных рыб, моллюсков, стрекоз, водных растений Индии находятся под угрозой исчезновения. Утрата биоразнообразия – одна из самых болезненных экологических проблем. В первую очередь потому, что на нее обращается минимум внимания. В целом по миру 24% пресноводных видов, включая рыб, стрекоз, крабов и креветок, находятся под угрозой вымирания, 30% ракообразных классифицированы как находящиеся под угрозой, а 26% пресноводных рыб и 16% стрекоз – в опасности [4].

Антропогенное влияние в Индии непосредственно связано с резким усилением обезлесения (дефорестацией). Вырубка деревьев в целях урбанизации и увеличения сельскохозяйственных площадей приводит к таким негативным последствиям, как эрозия почвы, опустынивание, наводнения.

Также из-за быстрой урбанизации в Индии возникают сложности с управлением отходами, в частности с утилизацией мусора. По оценкам экспертов, к 2030 г. объем отходов может достичь 387.8 млн тонн, а к 2050 году – вырасти еще в два раза [5].

В сельском хозяйстве главным антропогенным фактором являются выбросы парниковых газов. По данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата, которая является ведущим междуна-

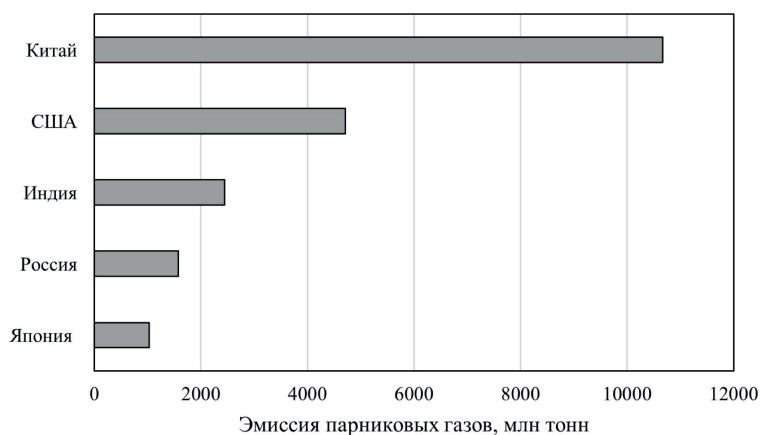


Рис. 1. Антирейтинг пяти стран с самой большой эмиссией парниковых газов. Источник данных: Анализ динамики и структуры эмиссии парниковых газов в сельском хозяйстве России // Аграрная наука.

родным органом по данному вопросу, в 2022 г. 23% общих выбросов парниковых газов от деятельности человека приходилось на сельское хозяйство, причем этот показатель постоянно увеличивается [6].

Основными парниковыми газами, в отношении которых осуществляется государственный учет, являются углекислый газ (CO_2), метан (CH_4) и закись азота (N_2O). Закись азота, или оксид азота, – один из так называемых парниковых газов, на долю которого приходится 9% всего объема выбросов. Он способствует истощению озонового слоя в стратосфере. Внесение азотных удобрений, навоз (в том числе на пастбищах), компост, осадок сточных вод, разложение растительных остатков – являются источниками его образования [7].

Выбросы метана способствуют глобальному потеплению, он является более мощным парниковым газом, чем углекислый газ, и его концентрация в атмосфере в последние годы увеличивается. Источниками выбросов метана являются животноводство, транспортировка ископаемого топлива, захоронение отходов, растениеводство (особенно выращивание риса). Последствия выбросов метана – глобальное потепление, загрязнение воздуха, снижение урожайности. Метан – второй по значимости парниковый газ среди тех, чьи выбросы связывают с антропогенной деятельностью. По данным на 2022 г., доля метана в выбросах парниковых газов составляла примерно 18% от общего объема [8].

Углекислый газ является основным парниковым газом, образующимся в результате деятельности человека, на его долю приходится 73% всего объема выбросов. Основные его источники – сжигание ископаемого топлива, вырубка лесов, промышленность (особенно химическое производство) [9].

В среднем по миру в 2022 г. на сельскохозяйственную деятельность приходилось 23% совокупных выбросов. По видам выбросов распределение было следующим: в сельском хозяйстве формировалось 47% эмиссии метана, 88% – выбросов закиси азота, 9% – выбросов углекислого газа [9].

Однако распределение выбросов по видам зависит даже не от социально-экономического, а скорее от социально-

культурного развития страны. По мнению Н.Н. Алексеевой, «...для Индии характерна специфичная структура эмиссий: около 30% приходится на неуглеродные источники, прежде всего метан (на него приходится 23%, на оксид азота – около 6%, фторсодержащие газы – 0.9%. В Индии значительная доля эмиссий метана обусловлена сельским хозяйством: свыше 70% его эмиссий связано с жизнедеятельностью крупного рогатого скота, еще 19% эмиссий – с выращиванием риса» [10].

Однако отметим, что данные Н.Н. Алексеевой касались исключительно выбросов, сформировавшихся в процессе сельскохозяйственной производственной деятельности, без

учета пред- и постпроизводственной деятельности. Данные ФАО свидетельствуют о том, что в 2022 г. совокупные выбросы газов (метана, закиси азота, углекислого газа), получаемые в процессе производства, составляли 53% всей эмиссии от сельскохозяйственной деятельности, за остальные 47% выбросов несли ответственность пред- и постпроизводственная деятельность (табл. 1).

Таблица 1. Индия: выбросы метана, закиси азота, углекислого газа в сельском хозяйстве, килотонн.

Источник данных: FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/GT>

Эмиссия газов от сельскохозяйственной деятельности	Выбросы метана (CH ₄)		Выбросы закиси азота (N ₂ O)		Выбросы углекислого газа (CO ₂)	
	2010	2022	2010	2022	2010	2022
Агропродовольственные системы, в т.ч.	24 402	25 805	727	848	241 243	320 332
Выбросы пред- и постпроизводственной деятельности	4971	5278	25	31	100 898	156 567
Выбросы на производстве, в т.ч.	19 431	20 527	702	817	140 345	163 765
Животноводство	14 707	15 470	271	294		
Растениеводство	4724	5057				
Отдельные выбросы по видам, в т.ч.						
Производство удобрений					22 797	32 695
Производство пестицидов					1293	1864
Пищевая промышленность и упаковка					15 897	24 215

В Индии рост влияния агропродовольственных систем (включая как производство, так и пред- и постпроизводственную деятельность) на выбросы парниковых газов за период 2010–2022 гг. оценивается в 30%. Совокупные выбросы всех парниковых газов возросли с 266.4 млн тонн до 347.0 млн тонн. Основной рост произошел в процессе пред- и постпроизводственной деятельности, где выбросы поднялись на 53%, в самом производстве рост составил 15% (табл. 1). Большая часть выбросов приходилась на углекислый газ, который формировался при производстве удобрений, пестицидов, в пищевой промышленности и энергопотреблении в хозяйстве. Рост выбросов от производства удобрений за 2010–2022 гг. составил 43%, пестицидов – 42%, в пищевой промышленности – 44%. Выбросы непосредственно в производстве (животноводство и растениеводство) за указанный период увеличились на 15% (табл. 1).

По данным ФАО, в 2022 г. в расширенном сельском хозяйстве Индии 80% выбросов метана формировалось в процессе производственной деятельности, из них: 60% – в животноводстве и 20% – в растениеводстве (главным образом при выращивании риса). Также в процессе производства формировалось 96% выбросов закиси азота. Выбросы углекислого газа распределялись следующим образом: непосредственно в процессе производства – 51%, в пред- и постпроизводственной деятельности – 49% (табл. 1).

По оценкам на 2023 г. в Индии была зафиксирована чрезмерная химизация почв из-за нерационального использования и распределения минеральных удобрений, что привело к деградации почвы, в частности из-за чрезмерного применения карбамида и диаммония фосфата [11]. В 2024 г. министр сельского хозяйства и благосостояния фермеров Индии Шиврадж Сингх Чоухан заявил, что деградация почв затрагивает 30% сельскохозяйственных угодий страны, основные причины: чрезмерное использование удобрений, несбалансированное внесение питательных веществ, чрезмерная эксплуатация природных ресурсов. Для решения этой проблемы правительство Индии распространяет среди фермеров карты здоровья почвы, которые содержат подробную информацию об уровнях питательных веществ в почве. Также продвигаются устойчивые практики, такие как микроорошение,

органическое, натуральное и регенеративное земледелие [12].

Кабинет министров одобрил государственную программу «Национальная миссия по органическому и натуральному земледелию». Общая сумма расходов на реализацию программы на 2025–2026 гг. планируется в объеме 25 млрд рупий. Натуральное земледелие следует местным агроэкологическим принципам, основанным на местных знаниях, технологиях, специфичных для конкретного местоположения, и развивается в соответствии с местной агроэкологией [13].

Инновационные экологические решения в сельском хозяйстве Индии в значительной степени связаны с переходом к устойчивому сельскому хозяйству. Предложены практики, которые должны обеспечить развитие устойчивого, в том числе экологического, сельского хозяйства (табл. 2) [14].

Однако устойчивое сельское хозяйство в Индии практически не развито – только пять его видов (севооборот, агролесоводство, сбор дождевой воды, мульчирование, точное земледелие) занимают не более 5% от общей посевной площади. Используют же системы устойчивого сельского хозяйства менее 4% всех индийских фермеров [15].

Имманентной задачей усиления устойчивости сельского хозяйства в Индии является сокращение выбросов парниковых газов. В рамках Национальной миссии по устойчивому сельскому хозяйству правительство продвигает методы сокращения выбросов метана при выращивании риса, например систему интенсификации выращивания, прямой посев и диверсификацию культур. Также департамент животноводства и молочного животноводства реализует инициативы по улучшению пород и сбалансированному нормированию питания, чтобы снизить производство метана. Программы GOBAR-Dhan и Национальная программа по биогазу и органическому навозу стимулируют применение отходов для производства биогаза и органическо-

го навоза, что обеспечивает экологически чистую энергию и снижает выбросы в сельских районах [16].

При этом возникает целый комплекс проблем. Сложность реализации программ для мелких фермеров, так как выбросы парниковых газов в сельском хозяйстве Индии связана с продовольственной безопасностью, соответственно, дополнительное бремя негативно влияет на доходы фермеров. Индия не раз заявляла, что для масштабных действий в области изменения климата, включая сокращение выбросов, стране требуется международная финансовая поддержка [16].

В январе 2025 г. компания Google заключила договор с индийской организацией Varaha о приобретении углеродных кредитов, связанных с сокращением выбросов углекислого газа, у сельскохозяйственных предприятий [17]. Согласно соглашению, Varaha будет закупать отходы у сотен небольших фермерских хозяйств в Индии и строить реакторы для их переработки в биоуголь, который является разновидностью древесного угля и способствует удалению углекислого газа из атмосферы и его возвращению в почву. Также биоуголь будет поставляться фермерам в качестве альтернативы удобрениям. С 2025 по 2030 г. Google планирует приобрести углеродных кредитов на 100 тыс. тонн выбросов [18].

Индия, как и многие страны Азии, столкнулась с проблемой обезлесения. Причины – рост населения, спрос на продовольствие и, как следствие, – на землю, урбанизация, грабительское использование лесов (сбор дров или заготовка древесины без лесовосстановления), изменение климата. Все эти факторы влияют на местные экосистемы. Последствия – деградация почв, нарушение сохранения воды, затопление рек, потеря биоразнообразия (уничтожение многих видов растений и животных). И хотя в «Долгосрочной стратегии низкоуглеродного развития Индии» (2021) указывается, что в последние десятилетия в стране снизились темпы обезлесения, проблема хрупких экосистем остается.

Особо выделяется хрупкая экология мангровых лесов. Мангровые леса играют важную роль в защите прибрежных районов от эрозии, штормов и наводнений, а также служат важным местом обитания для множества видов растений и животных. В Индии они в наибольшей степени сталкиваются с различными угрозами, включая вырубку лесов, загрязнение и изменение климата. Сундарбан (национальный парк и тигровый заповедник в Западной Бенгалии) – один из крупнейших оставшихся в мире районов мангровых зарослей. Правительство Индии реализовало несколько инициатив по защите и сохранению мангровых лесов. В частности, в 2025 г. в стране запущен проект по восстановлению мангровых лесов, который включает посадку саженцев на 5 тыс. га вдоль побережья [19].

Министр окружающей среды Индии Бхупендер Ядав заявил, что страна намерена создать дополнительный поглотитель углерода, эквивалентного 2.5–3 млрд тонн CO₂, за счет увеличения площади лесов к 2030 г. Индия может внести вклад в глобальную базу знаний благодаря своему обширному опыту в восстановлении мангровых лесов и исследованиям по оценке экосистем [20].

Таблица 2. Практики устойчивого сельского хозяйства, внедряющиеся в Индии

Название практик	Расшифровка
Пермакультура	Создание продуктивных и самодостаточных систем, которые способны поддерживать себя и обогащать окружающую среду
Органическое земледелие	Система производства, которая запрещает использование синтетически произведенных агресурсов (удобрений и пестицидов). Она предполагает использование органических материалов (таких как растительные остатки, остатки животных, бобовые, биопестициды) для поддержания продуктивности и плодородия почвы, борьбы с вредителями. Системы земледелия-скотоводства-рыбоводства
Натуральное земледелие	Устойчивая к изменению климата система земледелия с низкими затратами, которая выступает за полное исключение синтетических химических агресурсов. Вместо этого фермеры должны использовать недорогие материалы местного производства, такие как натуральные смеси, приготовленные с использованием коровьего навоза, коровьей мочи, джаггери, зерновой муки. Это также способствует мульчированию, укрытию посевов и симбиотическому смешиванию культур для стимулирования микробной активности почвы. Основной акцент в натуральном земледелии делается на улучшении состояния почвы; диверсификации генетических ресурсов; улучшении переработки биомассы
Биоаналитическое земледелие	Система, основанная на взаимосвязи между ростом растений и космическими ритмами, которая подчеркивает важность поддержания устойчивого плодородия почвы
Природоохранное земледелие	Экосистемный подход к управлению сельскохозяйственными землями, основанный на трех взаимосвязанных принципах: а) минимальном нарушении почвы путем уменьшения обработки (нарушается максимум 25% почвы); б) постоянном поддержании защиты почвы путем мульчирования; в) диверсификации систем возделывания сельскохозяйственных культур за счет оптимизации севооборота
Точное земледелие	Эффективное управление фермерским хозяйством, которое использует информационные компьютерные технологии для оптимального обеспечения растений удобрениями, водой, пестицидами. Капельное орошение
Контурное земледелие	Вспашка и посадка по контуру или поперек склона (горизонтально), а не вверх и вниз (вертикально). Борозды вспахиваются перпендикулярно, а не параллельно склону. Эта практика, как правило, рассматривается как синоним террасного земледелия, однако контурное земледелие повторяет естественную форму склона, не изменяя его, в то время как террасное земледелие создает стены и изменяет форму склона
Плавающее земледелие (плавающие фермы)	Способ производства продуктов питания в районах, которые длительное время находятся под водой. Он направлен на адаптацию возделывания к повышенному или длительному затоплению. В системе используются плавающие грядки с грунтом из ила, водорослей, бамбука
Вертикальное земледелие	Подход к сельскому хозяйству, который позволяет выращивать растения в ограниченном пространстве, используя вертикальные конструкции и технологии. Культуры выращивают в многоуровневых конструкциях с контролируемым микроклиматом, без зависимости от почвы и сезона
Интегрированная фермерская система	Взаимодействие между двумя или более компонентами, такими как садоводческие культуры, животноводство, аквакультура, домашняя птица (утки), пчеловодство и выращивание грибов. Основные принципы минимальной конкуренции и максимальной взаимодополняемости с использованием передовых агрономических инструментов управления
Инновационные технологии выращивания и обработки риса	Агроэкологический подход с учетом климатических условий для повышения продуктивности риса и других культур. Этот подход основан на четырех принципах: а) раннем, быстром укоренении растений; б) снижении плотности растений; в) улучшении почвенных условий за счет увеличения содержания органического вещества; г) сокращении и контроле за расходом воды
Агролесоводство, агролесомелиорация	Традиционные и современные системы землепользования, в которых древесные многолетние растения (деревья, кустарники, бамбук, пальмы) специально интегрированы на земле, предназначенной для сельскохозяйственных культур и выращивания животных, но в различных пространственных или временных рамках
Биозащитные системы из мангровых и немангровых растений	Биозащитные системы из мангровых и немангровых растений используются для восстановления мангровых зарослей, защиты побережий от стихийных бедствий, удержания плодородного слоя почвы, обеспечения почвы кислородом
Цифровые методы управления сельским хозяйством	Использование цифровых технологий для улучшения эффективности и производительности сельскохозяйственного производства. Включают автоматизацию процессов, аналитику данных, интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (ИИ)

Причем в Индии для восстановления этих лесов используются инновационные методы. Например, в заповеднике Кришна в штате Андхра-Прадеш был применен метод посадки «рыбья кость». Суть этого метода: «Вода из ручьев в Бхитарканике отводится в промежутки между мангровы-

ми зарослями по каналам в форме рыбьей кости, чтобы засоленная бесплодная земля стала плодородной, и на ней можно было выращивать мангровые деревья. Такая форма позво-

ляет воде достигать каждого уголка территории» [21].

Среди инновационных экологических решений в области сельского хозяйства в Индии можно назвать возведение защитных полос вокруг сельскохозяйственных полей. Это сводит к минимуму опасность воздействия ветра и повышает производительность фермы за счет смягчения микроклимата. Правительство Индии способствует разработке и широкому применению биопрепаратов для защиты растений.

Огромное значение как в Индии, так и во всем мире имеет инициатива «Намами Ганге» («Омоложение реки Ганг»), направленная на восстановление лесов в некоторых частях бассейна Ганга и содействие устойчивому ведению сельского хозяйства. Инвестиции индийского правительства в омоложение Ганга уже достигли 4.25 млрд долл. На сегодняшний день восстановлено 370 км реки [22].

Интеграция искусственного интеллекта в сельское хозяйство Индии имеет огромные перспективы. Благодаря проекту «Саагу Баагу» в округе Хаммам штата Телангана внедрение искусственного интеллекта повысило урожайность перца чили на 21% при сокращении применения пестицидов на 9%, а удобрений – на 5%. Проект по выращиванию риса сорта JeeraPhool, финансируемый Глобальным экологическим фондом, помог сохранить местные сорта сельскохозяйственных культур. Также в Индии предполагается разработка гибридного сельскохозяйственного интеллекта (НАИ) путем объединения знаний фермеров с ИИ для создания устойчивых решений, адаптированных к динамичным вызовам, с которыми сталкивается аграрный сектор [23].

Перспективы сотрудничества России и Индии в решении экологических проблем в сельском хозяйстве

В 2024 г. Россия и Индия договорились развивать совместные проекты между странами в сферах

недропользования и сохранения биологического разнообразия.

Россия продвигает совместный проект «Здоровая почва». В рамках проекта собраны предложения 43 сельхозпроизводителей на более чем 300 биопрепаратов и биоудобрений. Россия обладает научным потенциалом в области биологической защиты и питания растений. Российские производители успешно борются с помощью биопрепаратов даже с экзотическими вредителями [24].

По инициативе Индии, в 2023 г. был создан Международный альянс по защите больших кошек, который объединяет усилия для охраны тигров, львов, леопардов, снежных барсов и других представителей семейства кошачьих. Среди участников – 95 стран, включая Россию [25].

Индия и Россия сотрудничают в области утилизации органических отходов, очистки сточных вод и совершенствования производства биотоплива. Переработка органических отходов – одно из ключевых направлений, выбранных обеими странами для решения проблем утилизации отходов агропромышленного комплекса. Научные группы России и Индии работают над усовершенствованием подходов к анаэробной переработке органических отходов. Одним из ключевых направлений, выбранных обеими странами для решения этих проблем, является анаэробная переработка органических отходов в биотопливо (биометан, биоводород). Россия предлагает обмен опытом в этой сфере, например, через обмен студентами и преподавателями с индийскими учебными заведениями. На научных совместных семинарах обсуждаются результаты исследований в области утилизации органических отходов, очистки сточных вод и совершенствования производства биотоплива и других полезных продуктов из возобновляемых биоресурсов.

В 2024 г. сообщалось, что Россия и Индия планируют расширять сотрудничество в области утилизации и переработки отходов, а также развивать экологические инициативы в рамках БРИКС [26].

Планируется, что одним из важных векторов сотрудничества между Россией и Индией станет внешняя торговля органической продукцией. Индия является потенциальным рынком для экспорта производимой в России органической продукции. Индийским потребителям в первую очередь интересны произведенные в России органические зернобобовые культуры. Ускорить развитие внешней торговли органической продукцией помогут соглашения о взаимном признании сертификатов. Роскачество планирует активизировать работу с индийской стороной, в течение нескольких лет мы рассчитываем получить признание российских органических сертификатов на рынке Индии [27].

Россия предлагает обмен студентами и преподавателями с индийскими учебными заведениями, что позволит повысить уровень знаний и навыков будущих специалистов в области АПК.

Литература

1. Environmental Issues in India. Geeks for Geeks. (<https://www.geeksforgeeks.org/social-science/environmental-issues-in-india/>).
2. Анализ динамики и структуры эмиссии парниковых газов в сельском хозяйстве России. Аграрная наука. (<https://agrarnayanauka.ru/analiz-dinamiki-i-struktury-emissii-parnikovyh-gazov-v-selskom-hozyajstve-rossii/>).
3. Всемирная организация здравоохранения. <https://data.who.int/ru/indicators/i/80BEA0B/E2FC6D7>.
4. Кризис пресноводных: каждому четвертому виду грозит вымирание. Gismeteo. (<https://www.gismeteo.ru/news/animals/krizis-presnovodnyh-kazhdomu-chetvertomu-vidu-grozit-vymiranie/>).
5. India Waste-to-Energy Market Size & Share Analysis – Growth Trends & Forecasts (2025–2030). Mordor Intelligence. (<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/india-waste-to-energy-market>).
6. Парниковые газы в сельском хозяйстве. (<https://hpb-s.com/news/uglerodnyj-sled-ot-udobrenij/>).
7. Анализ динамики и структуры эмиссии парниковых газов в сельском хозяйстве России. Аграрная наука. (<https://agrarnayanauka.ru/analiz-dinamiki-i-struktury-emissii-parnikovyh-gazov-v-selskom-hozyajstve-rossii/>).
8. **Н. Танырбердиева, Э. Танырбердиева**
Вестник науки. 2023 № 9 (66) Т.3. С. 297–301.
9. **А. Чикунев**
Мир до 2050: глобальные вызовы и угрозы. Slide Serve. (<https://www.slideserve.com/aderyn/vaclav-smil>).
10. **Н.Н. Алексеева**
Вестник Института востоковедения РАН. 2022. № 2. С. 92–104.
11. FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/GT>.
12. **К. Шакин**
В Индии зафиксирована чрезмерная химизация почв. Fertilizer Daily. 11.01.2023. (<https://www.fertilizerdaily.ru/20230111-v-indii-zafiksirovana-chrezmernaya-ximizaciya-pochv/>).
13. **А. Медведева**
Более 220 млн карт почвенного здоровья получают индийские фермеры. АГРО XXI. 21.11.2024. (<https://www.agroxxi.ru/mirovye-agronovosti/bolee-220-mln-kart-pochvennogo-zdorovja-poluchat-indiiskie-fermery.html>).
14. В Индии стартует Национальная миссия по натуральному земледелию для фермеров с господдержкой в 32 млрд рублей. Soz.bio. (<https://soz.bio/v-indii-startuet-nacionalnaya-missiya/>).
15. **N. Gupta, Sh. Pradhan, A. Jain, N. Patel**
Sustainable Agriculture in India. What We Know and How to Scale Up / CEEW Report. New Delhi. 2021. С. III.
16. Sustainable Agriculture in India. CEEW.URL: (<https://www.ceew.in/publications/sustainable-agriculture-india>).
17. What is India's stance on methane emissions, potent greenhouse gas? The Indian Express. 30.05.2025. (<https://indianexpress.com/article/upsc-current-affairs/upsc-essentials/methane-mitigation-key-to-slowng-global-warming-10036713/>).
18. Трансформация рынка углеродных кредитов: ключевые тренды 2025 года. Aim Carbon. (<https://aim-carbon.com/ru/publications-and-news/world/transformation-of-the-carbon-credit-market-key-trends-for-2025.html>).
19. Компания Google заключила договор о приобретении кредитов на сокращение выбросов углекислого газа у индийских сельскохозяйственных предприятий. (<https://news.mondiaara.com>) (дата обращения: 10.06.2025).
20. Проект по восстановлению мангровых лесов в Индии. Vostok.tv. (<https://vostok.tv/2025/02/13/proekt-po-vosstanovleniyu-mangrovyyh-lesov-v-indii/>).
21. Индия намерена увеличить лесной покров к 2030 году. (<https://tvbrics.com/news/indiya-namerena-uvlichit-lesnoy-pokrov-k-2030-godu/>).
22. Watch: This innovative reforestation technique is saving mangrove forests. The Indian Express. (<https://indianexpress.com/article/trending/trending-in-india/reforestation-technique-is-saving-mangrove-forests-8012873/>).
23. ООН наградила 10 новаторских природоохранных инициатив. Новости ООН. (<https://news.un.org/ru/story/2022/12/1435762>).
24. **M. Gopal, A. Gupta**
Giving roots to sustainable Indian agriculture with HAI. *The Hindu*. 04.12.2024. (<https://www.thehindu.com/opinion/op-ed/giving-roots-to-sustainable-indian-agriculture-with-hai/article68944164.ece>).
25. Как Россия и Индия могут сотрудничать в сфере производства органики. Союз органического земледелия. (<https://здороваяпочва.рф/news/kak-rossiya-i-indiya-mogut-sotrudnichat-v-sfere-proizvodstva-organiki/>).
26. В Индии расположится штаб-квартира Международного альянса больших кошек. ИА Красная Весна. (<https://rossaprimavera.ru/news/a9b0f10c>).
27. Россия и Индия обсуждают сотрудничество в области РОП и переработки отходов. Полимерные материалы. (<https://polymerbranch.com/2024/09/rossiya-i-indiya-obsuzhdayut-sotrudnichestvo-v-oblasti-rop-i-pererabotki-othodov/>).
28. Как Россия и Индия могут сотрудничать в сфере производства органики. (<https://sberbank.co.in/ru/media/publications/kak-rossiya-i-indiya-mogut-sotrudnichat-v-sfere-proizvodstva-organiki?type=trends>).

English

Cooperation between Russia and India in the field of agricultural ecology: current state and promising areas

Irina V. Deryugina

Institute of Oriental Studies Russian Academy of Sciences
12/1, Building 1, ul. Rozhdestvenka, Moscow, 107031, Russia
i.deryugina@ivran.ru

Abstract

Russia and India have a great potential for cooperation in the development of environmentally friendly agriculture. Such cooperation takes on various forms – joint scientific research, the exchange of technologies for organic agricultural production, and the supply of eco-products. The principles of promoting environmentally friendly agriculture are aimed at reducing the negative impact of the agrarian food complex on the environment. India's agriculture, known for its biodiversity and fairly stable ecosystems, has been increasingly drawn into environmental problems over the past

decade. There are serious challenges in the country related to air and water pollution, increased chemicalization and soil degradation. The main causes of the environmental crisis in India lie in rapid economic growth, high rates of urbanization, and an increased demographic burden that requires the intensification of food production. Agriculture makes a significant contribution to the deterioration of the environmental situation, with an estimated 30% increase in the impact of agri-food systems on greenhouse gas emissions over the period 2010–2022.

Keywords: India, Russia, ecology, cooperation, sustainable agriculture, emissions, soil degradation, deforestation, water pollution.

Images and tables

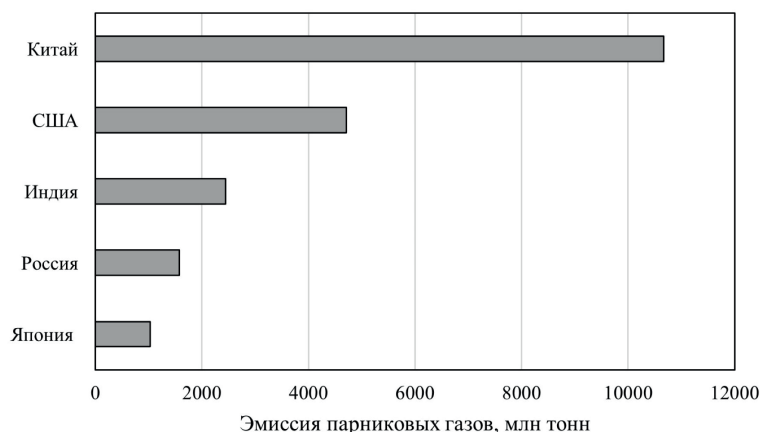


Fig. 1. TOP-5 countries with the largest gas emissions.

Table 1. Emissions of methane, nitrous oxide, carbon dioxide in agriculture in India, kilotons. Data source: FOASTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/GT>

Gas emissions from agricultural activities	Methane emissions (CH ₄)		Nitrous oxide emissions (N ₂ O)		Carbon dioxide emissions (CO ₂)	
	2010	2022	2010	2022	2010	2022
Agro-food systems, including	24 402	25 805	727	848	241 243	320 332
Emissions from pre- and post-production activities	4971	5278	25	31	100 898	156 567
Industrial emissions, incl.	19 431	20 527	702	817	140 345	163 765
Livestock	14 707	15 470	271	294		
Crops	4724	5057				
Emissions by type, including						
Fertilizer production					22 797	32 695
Pesticide production					1293	1864
Food industry and packaging					15 897	24 215

Table 2. Sustainable agriculture systems and practices in India.

Systems	Agricultural practices
Permaculture	Creating productive and self-sufficient systems that are able to sustain themselves and enrich the environment
Organic farming	A production system that prohibits the use of synthetically produced agricultural resources (fertilizers and pesticides). It involves the use of organic materials (such as plant residues, animal residues, legumes, and biopesticides) to maintain soil productivity and fertility and control pests
Natural farming	A climate-resilient, low-cost farming system that advocates the complete exclusion of synthetic chemical agricultural resources. Instead, farmers should use inexpensive locally produced materials such as natural mixtures made using cow manure, cow urine, jaggery, and grain flour. It also promotes mulching, crop protection, and symbiotic crop mixing to stimulate soil microbial activity. The main emphasis in subsistence farming is on improving the condition of the soil; diversification of genetic resources; improvement of biomass processing

Systems	Agricultural practices
Biodynamic agriculture	The system is based on the relationship between plant growth and cosmic rhythms and emphasizes the importance of maintaining sustainable soil fertility
Conservation agriculture	An ecosystem approach to agricultural land management based on three interrelated principles: a) minimal soil disturbance by reducing tillage (up to 25% of the soil is disturbed); b) continuous maintenance of soil protection by mulching; c) diversification of crop cultivation systems by optimizing crop rotation
Precision farming	Farm management, which uses information computer technologies to optimally supply plants with fertilizers, water, pesticides, drip irrigation
Contour farming	Contour plowing or contour farming is the farming practice of plowing and/or planting across a slope following its elevation contour lines. The furrows are plowed perpendicular, not parallel to the slope. This practice is generally considered synonymous with terraced farming; however, contoured farming follows the natural shape of a slope without changing it, while terraced farming creates walls and reshapes the slope
Floating agriculture (floating farms)	A method of food production in areas that have been under water for a long time. It is aimed at adapting cultivation to increased or prolonged flooding. The system uses floating beds with soil made of silt, algae, bamboo
Vertical farming	Agricultural practices that allow plants to be grown in a confined space using vertical structures and technologies. Crops are grown in multi-level structures with a controlled microclimate, regardless of the soil and season
Integrated farming system	Crop-livestock-fisheries farming system. Interaction between two or more agricultural sectors such as horticulture, animal husbandry, aquaculture, poultry/ducks, beekeeping and mushroom cultivation. The basic principles of minimal competition and maximum complementarity using advanced agronomic management tools
System of rice intensification	Agroecological approach based on climatic conditions to increase productivity of rice and other crops. This approach is based on four principles: a) early, rapid rooting of plants; b) reduction of plant density; c) improvement of soil conditions by increasing the content of organic matter; d) reduction and control of water consumption
Agroforestry, agroforest melioration	Traditional and modern land use systems in which woody perennial plants (trees, shrubs, bamboo, palm trees) are specially integrated on land intended for crops and animal rearing, but in different spatial or temporal frames
Biological plant protection systems from mangrove and non-mangrove plants	Biological plant protection systems from mangrove and non-mangrove plants are used to restore mangroves, protect coasts from natural disasters, retain a fertile soil layer, and provide oxygen to the soil
Digital methods of agricultural management	The use of digital technologies to improve the efficiency and productivity of agricultural production. They include process automation, data analytics, the Internet of Things (IoT), and artificial intelligence (AI)

References

1. Environmental Issues in India. Geeks for Geeks. (<https://www.geeksforgeeks.org/social-science/environmental-issues-in-india>).
2. Analysis of the dynamics and structure of greenhouse gas emissions in agriculture in Russia. Agricultural science. [Agrarnaya Nauka] (<https://agrarnayanauka.ru/analiz-dinamiki-i-struktury-emissii-parnikovyyh-gazov-v-selskom-hozyajstve-rossii/>). (in Russian).
3. World Health Organization. (<https://data.who.int/ru/indicators/i/80BEA0B/E2FC6D7>).
4. Freshwater crisis: every fourth species is threatened with extinction. Gismeteo. (<https://www.gismeteo.ru/news/animals/krizis-presnovodnyh-kazhdomu-chetvertomu-vidu-grozit-vymiranie/>). (in Russian).
5. India Waste-to-Energy Market Size & Share Analysis – Growth Trends & Forecasts (2025 – 2030). Mordor Intelligence. (<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/india-waste-to-energy-market>).
6. Greenhouse gases in agriculture. (<https://hpb-s.com/news/uglerodnyj-sled-ot-udobrenij/>). (in Russian).
7. Analysis of the dynamics and structure of greenhouse gas emissions in agriculture in Russia. Agricultural science. [Agrarnaya Nauka] (<https://agrarnayanauka.ru/analiz-dinamiki-i-struktury-emissii-parnikovyyh-gazov-v-selskom-hozyajstve-rossii/>). (in Russian).
8. N. Tanyrberdieva, E. Tanyrberdieva Bulletin of Science. [Vestnik Nauki] 2023 No. 9 (66) Vol. 3. pp. 297–301 (in Russian).
9. A. Chikunov The world until 2050: global challenges and threats. Slide Serve. (<https://www.slideserve.com/aderyn/vaclav-smil>). (in Russian).
10. N.N. Alekseeva Journal of the Institute of Oriental Studies RAS. 2022. No. 2. pp. 92–104 (in Russian).
11. FAOSTAT. (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/GT>).
12. K. Shakin Excessive soil chemicalization has been recorded in India. Fertilizer Daily. 11.01.2023. (<https://www.fertilizerdaily.ru/20230111-v-indii-zafiksirovana-chrezmernaya-ximizaciya-pochv/>). (in Russian).
13. A. Medvedeva Indian farmers will receive more than 220 million soil health cards. AGRO XXI. 11/21/2024. (<https://www.agroxxi.ru/mirovyie-agronovosti/bole-220-mln-kart-pochvennogo-zdorovja-poluchat-indiiskie-fermery.html>). (in Russian).
14. A National Mission on Subsistence Farming for farmers with state support of 32 billion rubles is launching in India. Soz.bio. (<https://soz.bio/v-indii-startuet-nacionalnaya-missiya/>).
15. N. Gupta, Sh. Pradhan, A. Jain, N. Patel Sustainable Agriculture in India. What We Know and How to Scale Up / CEEW Report. New Delhi. 2021. C. III.
16. Sustainable Agriculture in India. CEEW. (<https://www.ceew.in/publications/sustainable-agriculture-india>).
17. What is India's stance on methane emissions, potential greenhouse gas? The Indian Express. 30.05.2025. (<https://>

- indianexpress.com/article/upsc-current-affairs/upsc-essentials/methane-mitigation-key-to-slowing-global-warming-10036713 /).
18. Transformation of the carbon credits market: key trends in 2025. Aim Carbon. (<https://aim-carbon.com/ru/publications-and-news/world/transformation-of-the-carbon-credit-market-key-trends-for-2025.html>). (in Russian).
 19. Google has entered into an agreement to purchase loans to reduce carbon dioxide emissions from Indian agricultural enterprises. (<https://news.mondiara.com>).
 20. Mangrove restoration project in India. Vostok.tv . ([https://vostok.tv/2025/02/13/proekt-po-vosstanovleniyu-mangrovyyh-lesov-v-indii /](https://vostok.tv/2025/02/13/proekt-po-vosstanovleniyu-mangrovyyh-lesov-v-indii/)). (in Russian).
 21. India intends to increase forest cover by 2030. ([https://tvbrics.com/news/indiya-namerena-uvlichit-lesnoy-pokrov-k-2030-godu /](https://tvbrics.com/news/indiya-namerena-uvlichit-lesnoy-pokrov-k-2030-godu/)).
 22. Watch: This innovative reforestation technique is saving mangrove forests. The Indian Express. ([https://indianexpress.com/article/trending/trending-in-india/reforestation-technique-is-saving-mangrove-forests-8012873 /](https://indianexpress.com/article/trending/trending-in-india/reforestation-technique-is-saving-mangrove-forests-8012873/)).
 23. The UN has awarded 10 innovative environmental initiatives. UN News. (<https://news.un.org/ru/story/2022/12/1435762>).
 24. **M. Gopal, A. Gupta**
Giving roots to sustainable Indian agriculture with HAI. *The Hindu*. 04.12.2024. (<https://www.thehindu.com/opinion/op-ed/giving-roots-to-sustainable-indian-agriculture-with-hai/article68944164.ece>).
 25. How Russia and India can cooperate in the field of organic production. Union of Organic Farming. [Soyus organicheskogo zemledelia]. (<https://здороваяпочва.RF/news/kak-rossiya-i-indiya-mogut-sotrudnichat-v-sfere-proizvodstva-organiki/>). (in Russian).
 26. The headquarters of the International Alliance of Big Cats will be located in India. Red Spring News Agency. (<https://rossaprimavera.ru/news/a9b0f10c>).
 27. Russia and India are discussing cooperation in the field of EPR and waste recycling. Polymer materials. ([https://polymerbranch.com/2024/09/rossiya-i-indiya-obsuzhdayut-sotrudnichestvo-v-oblasti-rop-i-pererabotki-othodov /](https://polymerbranch.com/2024/09/rossiya-i-indiya-obsuzhdayut-sotrudnichestvo-v-oblasti-rop-i-pererabotki-othodov/)). (in Russian).
 28. How Russia and India can cooperate in the field of organic production. (<https://sberbank.co.in/ru/media/publications/kak-rossiya-i-indiya-mogut-sotrudnichat-v-sfere-proizvodstva-organiki?type=trends>). (in Russian).

Интеллектуальная собственность как средство инвестирования в области экологической безопасности в Индии

Г.М. Голобокова

Исследование выполнено с использованием средств гранта РФФИ на научный проект №20-014-22008 и посвящено актуальной проблеме коммерциализации интеллектуальной собственности в сфере экологической безопасности в Индии. На основе анализа экологических проблем, требующих привлечения финансирования, автором проведен поиск и анализ различных источников финансирования и доказано, что наиболее значимым в настоящее время является использование интеллектуальных разработок для инвестирования различных природоохранных технологий. В работе сделан вывод, что успех использования интеллектуальной собственности достигнут благодаря стратегическому сотрудничеству с финансовыми учреждениями и инвестиционными фондами. На основе полученных в результате исследования данных построена сводная характеристика инвестиционных фондов в области экологической безопасности в Индии, позволяющая для новых проектов выбрать источник финансирования. Исследование выполнено с применением методов комплексного и сравнительно-правового анализа, а также общенаучных методов познания – анализа и синтеза. Среди источников информации использованы годовые отчеты различных правительственных министерств Индии. Статья, посвященная исследованию особенностей применения интеллектуальной собственности для инвестирования экологических программ, может представлять научный и практический интерес для исследователей, политиков и предпринимателей.

Ключевые слова: экологические проблемы Индии, экологическая безопасность, решение задач экологической безопасности, коммерциализация интеллектуальной собственности, интеллектуальные разработки в зеленых технологиях, финансирование экологических программ, сотрудничество с финансовыми учреждениями, инвестиционные фонды в решении экологических проблем.

1. Экологические проблемы Индии, как показал анализ экологической ситуации, обусловлены природно-климатическими условиями и используемыми механизмами охраны и восстановления природной среды. В ходе исследования установлено, что Индия столкнулась с экологическими проблемами и климатическими изменениями, когда произошла массовая вырубка лесов, вызвавшая засоление почв и приведшая к гибели древнеиндийской цивилизации. После 1947 г. года стала активно развиваться тяжелая промышленность. Промышленные предприятия привели к деградации почв: эрозии, повышению щелочности и кислотности. Так, 146.82 млн га земли оказались непригодны для сельского хозяйства именно из-за вреда, нанесенного индустриальным развитием страны. Индия потеряла 12% общей продуктивности земель из-за деградации почвенных ресурсов [1]. Бурный демографический рост, начавшийся в середине двадцатого столетия и продолжавшийся до 2011 года, привел к тому, что за один век численность населения Индии увеличилась в 4 раза. Наибольшая доля выбросов среди развивающихся стран (порядка одной трети от мировой величины выбро-

сов углекислого газа) приходится на Китай и Индию, а к 2050 г. эта цифра вырастет до 45% [2]. Производственная деятельность в Индии и Китае не только имеет отрицательное влияние на мировые экологические процессы, но и влечет за собой значительные негативные последствия для природной среды. Около 70% водных ресурсов загрязнены и имеют низкое санитарное качество, при этом распределение рек в стране крайне неравномерно: если на севере Индии, где протекают Инд, Ганг и Брахмапутра, ситуация довольно стабильна, то штаты Раджастан и Тамилнад испытывают острую нехватку водных ресурсов [3]. Помимо проблемы чистоты воды и почвы, массовой вырубки лесов, население Индии страдает от



ГОЛОБОВА

Галина Михайловна

профессор, д.э.н., к.т.н.,
Республиканский научно-
исследовательский
институт интеллектуальной
собственности

загрязненности воздуха. В крупных городских агломерациях, таких как Бомбей, Дели, Калькутта, уровень загрязненности воздуха в 3 раза превышает нормы ВОЗ. Согласно данным 2013 года, полученным в Институте Блэксмита, эти три индийских города входят в число 25 самых загрязненных населенных пунктов мира [4]. В апреле 2015 года Би-би-си опубликовала статью о том, что Дели опередил Пекин по уровню загрязненности воздуха, хотя китайская столица на протяжении нескольких десятилетий занимала первое место по данному показателю во всем азиатском регионе [5]. Растительный и животный мир подвергается опасности именно из-за плохой экологии, в настоящее время под угрозой исчезновения находятся 2530 видов животных и 366 растений [6].

2. Борьба за экологическую безопасность в Индии, как выявлено в ходе анализа, направлена на достижение устойчивого будущего с использованием энергетических источников с низким содержанием углерода. Признавая важность борьбы с изменением климата, Индия поставила перед собой цель достичь нулевого уровня выбросов к 2070 году путем обеспечения 50% потребностей в энергии за счет возобновляемых источников, сокращения выбросов углекислого газа на 1 млрд тонн и снижения содержания углерода в выбросах на 45% по сравнению с текущим уровнем. Индии потребуются совокупные инвестиции в размере 10.1 трлн долларов США, чтобы значительно ускорить переход к зеленой экономике [7]. Индийский опыт показывает, что среди различных методов финансирования применяются: банковское кредитование, в том числе под залог интеллектуальных прав, государственные субсидии, благотворительность, венчурные инвестиции, выход на рынок корпоративных активов, например на рынок ценных бумаг, или инвестиционные фонды и платформы и др.

3. Коммерциализация интеллектуальных разработок, исклю-

чительные права на которые являются интеллектуальной собственностью (далее – ИС), в Индии, как установлено в работе, используется для инновационных технологий в качестве средства инвестирования экологических программ по борьбе за экологическую безопасность. Поэтому в исследовании, наряду с мерами природоохранного законодательства, предложено активно использовать защиту ИС, которая создается и используется в природоохранном комплексе и коммерциализация которой позволяет предприятиям за счет лицензирования и кредитования под залог ИС аккумулировать средства на проведение природоохранных мероприятий [8].

Существует несколько способов коммерциализации ИС. Так, имущественные права на объекты ИС могут быть проданы, могут служить дополнительным основанием для привлечения первоначального акционерного капитала. Они могут быть внесены в уставной капитал в качестве оплаты доли и использованы в качестве нового вида обеспечения возвратности кредитов – залога прав на объекты ИС, что является одним из современных способов коммерческого использования интеллектуальных прав и важнейшим финансовым инструментом для финансирования инновационных проектов на этапе трансфера технологий [9].

Индия в последние годы демонстрирует впечатляющие темпы экономического роста, поэтому ее пример использования ИС как средства инвестирования экологических проектов заслуживает внимания. Индия занимает 4-е место в мире по количеству заявок на регистрацию товарных знаков – 2.5% мировых заявок, хотя количество выданных патентов местным правообладателям (резидентам) в Индии очень низкое – 4988 из 23 141 заявок в 2020 году (то есть регистрируется только 21.5% заявок), а для зарубежных правообладателей – 21 373 из 33 630 (63.5% заявок). В 2020 году в Индии было подано 28.9 тыс. заявок, из которых 8.7 тыс. принадлежало заявителям из США, 3.9 тыс. – из Японии, 3.5 тыс. – из Китая, 2 тыс. – из Германии, из России – менее 100 [10].

Развитию финансирования через коммерциализацию ИС способствуют гибкость права ИС, возможность выделения долей, определения сфер использования охраняемых технических или дизайнерских решений, средств индивидуализации, управления правами на разных территориях и т.д. [11]. Проводником монетарной политики государства является Резервный банк Индии (РБИ), который устанавливает ограничения по банковским займам для стимулирования конкуренции между банками, а высокий рост индийской экономики и мощная законодательная база подражают стремление на практике охранять ИС Индии как один из первостепенных источников для инноваций [12]. Индия проводит ряд структурных реформ в экономике для создания благоприятного климата в сфере ИС и получения дохода за счет использования ИС в 5 трлн долларов. Анализ показал, что инвестирование программ экологической безопасности осуществляется с использованием залогового и франчайзингового капитала на основе применения ИС.

В Индии уже существует система, которая позволяет создавать залоговые права на ИС. В стране действуют бизнес-объединения в сфере залога и франчайзинга. Индийская ассоциация малого бизнеса и франчайзинга (Indian Small Business & Franchise Association) предоставляет инструменты для поиска франчайзеров, менеджеров и представителей других стран в Индии. Таким образом, в стране насчитывается 4600 активных франчайзеров. Около 50% рынка занимают региональные бренды, еще 34% – национальные бренды, и 16% – иностранные франшизы. Сегменты рынка услуг в сфере платы за пользование интеллектуальной собственностью Индии (франчайзинг) приведены в *табл. 1* [13].

Таблица 1. Сегменты рынка услуг в сфере платы за пользование интеллектуальной собственностью Индии (франчайзинг)

Ожидаемый рост к 2024 г.	100 млрд \$
Темпы роста рынка	30–35% ежегодно
Место в мире по количеству франшиз	2 (после США)
Ежегодное количество новых франшиз	300

4. Финансовые учреждения, как установлено в ходе исследования, в инвестировании программ экологической безопасности играют критически важную роль в условиях необходимости расширения зеленого финансирования.

К таким учреждениям относится Совет по развитию технологий (TDB), созданный при Министерстве науки и технологий, предоставляющий финансовую помощь предприятиям, которые занимаются коммерциализацией отечественных технологий охраны окружающей среды (утилизация отходов, энергосберегающие решения, водоочистные системы, альтернативные источники энергии и другие зеленые инновации) [14]. TDB сотрудничает с акселераторами, университетами и научно-исследовательскими институтами для ускорения процесса коммерциализации экологических технологий и предоставляет различные формы финансовой поддержки, включая: мягкие займы с процентной ставкой 5% годовых (до 50% от проектной стоимости).

В Индии реализуются программы акселерации зеленых технологий, осуществляемые фондом Green Tech Accelerator. Программы направлены на поддержку и масштабирование стартапов в области экологических технологий, способствующих устойчивому развитию и борьбе с изменением климата. Фонд Green Tech Accelerator осуществляет сотрудничество с научно-исследовательскими учреждениями CSIR-NEERI, которые специализируются на экологических технологиях и инженерии и занимаются передачей технологий в области экологической безопасности, в т. ч. в международные сети, позволяя продвигать экологические решения в сфере загрязнения воздуха, воды, почвы, а также управления отходами. Партнерство с промышленностью и стартапами осуществляется также NEERI через создание совместных проектов с частными компаниями и стартапами, поддержание стартапов через акселераторы и инкубаторы,

предоставление научно-технической экспертизы и доступа к своим разработкам [15].

5. Инвестиционные фонды и компании Индии, как показал анализ, также обеспечивают финансирование экологических программ, направленных на достижение экологической безопасности.

Так, фонд Green Growth Equity (GGEF) – «Зеленый климатический фонд», поддерживаемый Национальным инвестиционным и инфраструктурным фондом Индии и правительством Великобритании, является примером зеленого финансирования, способствующего коммерциализации чистых технологий в сфере энергетики, транспорта и управления отходами [16]. Кроме того, установлено, что фонд GGEF с капиталом в 944.5 млн долларов, созданный в 2021 году, предоставил первоначальный капитал в размере 132.5 млн долларов с целью привлечения дополнительного финансирования из государственных и частных источников. К концу программы в 2030 году GGEF планирует мобилизовать около 4.6 млрд долларов капитала, из которых 3.5 млрд поступят от частных инвесторов. На сегодняшний день фонд инвестировал 562 млн долларов в семь портфельных компаний, включая поставщика возобновляемой энергии Radiance Renewables, платформу для управления отходами EverEnviro, компанию по управлению водными ресурсами Kathari и оператора парка электромобилей Lithium. Фонд также стремится сделать проекты более независимыми в оперативном плане, заключая долгосрочные контракты с оплатой по факту оказания услуг, и оказывать компаниям техническую поддержку для устранения технических пробелов [17].

Фонд Green Climate Fund (GCF), созданный Netherlands Development Finance Company (FMO) Eversource Capital как совместное предприятие ведущей индийской частной инвестиционной компании Everstone и мирового лидера в разработке и управле-

нии проектами в области солнечной энергетики Lightsource BP, планирует инвестировать собственные средства и взять на себя роль аккредитованной организации в рамках «Зеленого климатического фонда», который будет предоставлять дополнительный капитал с высоким уровнем риска для привлечения (коммерческого) финансирования. Общее финансирование FMO составляет 30 млн долларов США [18].

Венчурные фонды IFCI, такие как Green India Venture Fund II, инвестируют в малые и средние предприятия, работающие в сферах возобновляемой энергетики, переработки отходов в энергию и повышения энергоэффективности. Они предлагают широкий спектр финансовых инструментов – от долевого участия до структурного финансирования [19].

Фонд Green India Venture Fund II (GIVF II) – это один из специализированных венчурных фондов, нацеленных на финансирование и поддержку стартапов и компаний, занимающихся экологическими технологиями.

Частный венчурный капитал Green Frontier Capital, базирующийся в США, фокусируется на финансировании климатических и экологических технологий, включая стартапы [20].

Результатом исследования является то, что обширные данные проведенного анализа внесено автором в сводную характеристику инвестиционных фондов в области экологической безопасности в Индии, которая представлена в табл. 2 и может быть применена как справочное средство для новых экологических проектов, когда требуется выбрать источник финансирования с учетом необходимых технологий коммерциализации интеллектуальных разработок.

Выводом, полученным в результате проведенных нами исследований, является то, что успех коммерциализации экологических интеллектуальных разработок в Индии достигнут благодаря стратегическому сотрудничеству

Таблица 2. Сводная характеристика инвестиционных фондов в области экологической безопасности в Индии

Инвестиционные фонды в области экологической безопасности	Направления инвестирования	Технологии коммерциализации интеллектуальных разработок	Сотрудничество с другими фондами и компаниями
Green Growth Equity (GGEF)	Ускорение внедрения технологий возобновляемой энергии в целях снижения выбросов углерода	Чистые технологии в сферах энергетики, транспорта и управления отходами	Фонд «Зеленый климат», голландский банк развития FMO и Eversource Capital Private
Green Climate Fund (GCF)	Инвестирование в быстрорастущие и устойчивые компании в сфере экологической безопасности	Возобновляемые источники энергии, ресурсосбережение, электромобили и энергетические услуги	Netherlands Development Finance Company (FMO) Eversource Capital, компания Lightsource BP – мировой лидер в разработке и управлении проектами в области солнечной энергетики
Green Tech Accelerator + Fund of Innovation and Technology Transfer (FITT)	Поддержка и масштабирование стартапов в области экологических технологий для устойчивого развития и борьбы с изменением климата	Области чистой энергии, управления отходами, водных технологий, энергетической эффективности и устойчивого сельского хозяйства	Научно-исследовательские организации CSIR-NEERI, специализируются на чистых экологических технологиях и инженерии, а также на передаче технологий
Green India Venture Fund II (GIVF II)	Венчурный капитал для финансирования и поддержки стартапов, основанных на использовании ИС, и компаний (средних и малых), занимающихся экологическими технологиями	Солнечные, ветровые, биогазовые технологии; переработка отходов, технологии биоразложения; интеллектуальные системы управления энергопотреблением; экологический мониторинг, очистка, экономия воды	Компании, разрабатывающие прорывные технологии, имеющие высокий потенциал для масштабирования и значительного экологического эффекта
Green Frontier Capital (GFC)	Финансирование высокорискованных климатических и экологических технологий, включая стартапы	Интеллектуальные разработки в сфере борьбы с изменением климата	Частный венчурный фонд, базирующийся в США; компании, интегрирующиеся в глобальные цепочки создания стоимости на всех уровнях

Составлено автором на основе источников 9, 10, 12, 16, 17, 19, приведенных в списке литературы.

с финансовыми учреждениями, инвестиционными фондами и инновационными центрами.

Однако при всех положительных результатах инвестирования экологических программ на основе коммерциализации ИС и в сотрудничестве с финансовыми организациями и инвестиционными фондами, как показал анализ, существуют следующие проблемы в использовании интеллектуальных разработок в зеленых технологиях:

- ограниченный доступ к финансированию (экологические стартапы и малые предприятия часто сталкиваются с трудностями при привлечении инвестиций, особенно на ранних стадиях);

- слабая готовность к рынку технологий экологической безопасности (ограниченное понимание важности экологических инноваций среди предпринимателей и потребителей);

- сложности с нормативным регулированием (отсутствие прозрачных и упрощенных процедур сертификации и лицензирования);

- не соответствующая требованиям защита и оценка ИС (многие инноваторы испытывают сложности с патентованием и защитой своих технологий);

- недостаточно высокий уровень культуры инноваций (слабая интеграция науки, бизнеса и инвесторов, ограниченное понимание важности экологических инноваций среди предпринимателей и потребителей).

Для устранения этих проблем, на наш взгляд, индийскому правительству необходимо стимулировать предприятия, которые создают новые изобретения, использовать методы усиления защиты ИС, финансовую поддержку, включая залог своих технологий для получения кредитов, нормативное упрощение и создание интегрированной инновационной экосистемы.

Для создания благоприятного режима в сфере ИС необходимы специализированные консультационные центры по патентованию и интеллектуальным правам, а также образовательные центры по обучению вопросам оценки и защиты своих разработок. Требуется комплексный экосистемный подход, объединяющий политику, финансы и технологии ради устойчивого будущего и стремления страны присоединиться к числу сверхдержав и стать мировым центром коммерциализации интеллектуальных разработок в области экологической безопасности.

Литература

1. **Baranwal S.** Concern for environment in Ancient India. – Renewable research journal.
2. International Energy agency. World Energy Outlook 2014.
3. Government of India. Ministry of Water Resources. Annual Report. 2014 New Delhi: Government of India. Ministry of Water Resources, 2014.
4. Government of India. Ministry of Environment, Forests and Climate Change. Annual Report. 2013–2014 New Delhi: Government of India. Ministry of Environment, Forests and Climate Change. 2014.
5. **A. Anand** Breathing poison in the world's most polluted city. – BBC. 4.19.2015.
6. **И.В. Саблин** Отражение экологической политики Индии и Китая в научном и общественно-политическом дискурсе – *Terra Humana*. URL: Government of India. Ministry of Water Resources. Annual Report. 2000–01. New Delhi, 2001.
7. **Arnab Sarkar** Transforming India's Climate Finance through Sector-Specific Financial Institutions Part 1 – CPI / CLIMAT POLICY INITIATIVE. 08.04.2024.
8. **G.M. Golobokova** *Economic and Legal Aspects of Environmental Quality Management in Industry 4.0*. 2023, In: Popkova, E.G. (eds) Smart Green Innovations in Industry 4.0. Springer Climate. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-031-45830-9_21.
9. **Г.М. Голобокова** Структура и показатели коммерциализации интеллектуальной собственности в ЕАЭС и СНГ: опыт, проблемы и перспективы в условиях цифровизации / Г.М. Голобокова // Экономическое развитие России: вызовы и возможности в меняющемся мире: материалы Международной научно-практической конференции / под ред. профессора И.В. Шевченко; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Кубанский государственный университет. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2023. Т. 2. 391 с.
10. Intellectual property India. Annual Report 2019–2020. Government of India. Ministry of Commerce & Industry Department of Industrial Policy and Promotion.
11. Аналитическая записка «Кредитование под залог интеллектуальной собственности. Международный опыт».
12. **В.В. Матвиенко** *Вестник РУДН, серия Литературоведение. Журналистика*, 2014, № 4, М. 2014.
13. Анализ рынка услуг Индии в сфере интеллектуальной собственности (франчайзинг и НИОКР). Всероссийская академия внешней торговли: М. 2022.
14. Technology Development Board (TDB). (2023). *Annual Report 2022–2023*. Government of India, Department of Science and Technology.
15. Neeri's giant leap with Global South Network for eco sustainability | Nagpur News – Times of India.
16. Green Growth Equity Fund (GGEF). (2024). *Impact Investment Portfolio Overview*.
17. Impact initiative of the year – Asia: Green Growth Equity Fund : Environmental Finance.
18. Project detail – GREEN GROWTH EQUITY FUND.
19. IFCI Venture Capital Funds Ltd. (2023). *Green India Venture Fund II – Fund Details and Investee Companies*.
20. Green Frontier Capital. (2024). *Climate Tech Investment Strategy – India Focus*.

English

Intellectual Property as a Vehicle for Environmental Investment in India

Galina M. Golobokova

Professor, Republican Research Institute of Intellectual Property
18, Yunnatov st., Moscow, 127083, Russia
golobokovagm@inbox.ru

Abstract

The study was carried out using funds from the Russian Foundation for Basic Research GRANT for scientific project No. 20-014-22008 and is devoted to the current problem of commercialization of intellectual property in the field of environmental safety in India. Based on the analysis of environmental problems requiring funding, the author conducted a search and analysis of various sources of funding and proved that the most significant at present is the use of intellectual developments for investing in various environmental technologies. The paper concludes that the success of intellectual property use has been achieved through strategic cooperation with financial institutions and investment funds. Based on the data obtained as a result of the study, a summary description of investment funds in the field of environmental safety in India was constructed, allowing the selection of a source of financing for new projects. The study was carried out using methods of complex and comparative legal analysis, as well as general scientific methods of cognition – analysis and synthesis. Among the sources of information, annual reports of various government ministries of India were used. The article devoted to the study of the peculiarities of the use of intellectual property for investing in environmental programs may be of scientific and practical interest to researchers, politicians and entrepreneurs. The study is devoted to the current problem of using mechanisms for commercialization of intellectual property in the field of environmental safety in India. The work analyzes the environmental situation and identifies environmental problems that require funding from various sources to solve. The authors conducted a search and analysis of such sources and proved that the most significant at present is the use of intellectual developments for investing in various environmental technologies in India. The paper concludes that the success of commercialization of green smart technologies in India has been achieved through strategic collaboration with financial institutions, investment funds and innovation centers. Based on the data obtained as a result of the study, a summary characteristic of investment funds in the field of environmental safety in India was constructed, allowing the selection of a source of financing for new projects. The study was carried out using methods of complex and comparative legal analysis, as well as general scientific methods of cognition – analysis and synthesis. The sources of information used include annual reports of various ministries of the Government of India. The article devoted to the results of the study of the peculiarities of investing in environmental programs using intelligent developments, may be of scientific and practical interest to researchers, politicians and entrepreneurs.

Keywords: environmental problems of India, environmental safety, solving environmental safety problems, commercialization of intellectual property, intellectual developments in “green” technologies, financing environmental programs, cooperation with financial institutions, investment funds in solving environmental problems of India, environmental safety, commercialization of intellectual property, intellectual developments in “green” technologies, financing of environmental programs, cooperation with financial institutions, investment funds and companies in solving environmental safety problems.

Tables

Table 2. Summary of environmental safety investment funds in India

Investment funds in the field of environmental safety	Investment directions	Technologies of commercialization of intellectual developments	Cooperation with other foundations and companies
Green Growth Equity (GGEF)	Accelerate the adoption of renewable energy technologies to reduce carbon emissions.	Clean technologies in the fields of energy, transport and waste management.	The Green Climate Foundation, the Dutch Development Bank FMO and Eversource Capital Private.

Investment funds in the field of environmental safety	Investment directions	Technologies of commercialization of intellectual developments	Cooperation with other foundations and companies
Green Climate Fund (GCF)	Investing in fast-growing and sustainable companies in the field of environmental safety.	Renewable energy sources, resource conservation, electric vehicles, and energy services.	Netherlands Development Finance Company (FMO) Eversource Capital, Lightsource BP is a global leader in the development and management of solar energy projects.
Green Tech Accelerator + Fund of Innovation and Technology Transfer (FITT)	Support and scaling of startups in the field of environmental technologies for sustainable development and combating climate change	The fields of clean energy, waste management, water technology, energy efficiency, and sustainable agriculture.	CSIR-NEERI research organizations specialize in clean environmental technologies and engineering, as well as technology transfer.
Green India Venture Fund II (GIVF II)	Venture capital to finance and support intellectual property-based startups and companies (medium and small) dealing with environmental technologies.	Solar, wind, and biogas technologies; waste recycling, biodegradation technologies; intelligent energy management systems; environmental monitoring, purification, and water conservation.	Companies developing breakthrough technologies with high potential for scaling and significant environmental impact.
Green Frontier Capital (GFC)	Financing of high-risk climate and environmental technologies, including startups.	Intellectual developments in the field of combating climate change.	A private venture fund based in the USA; companies integrating into global value chains at all levels.

Compiled by the authors based on sources 4, 5, 12, 17–21, listed in the list of references.

Reference

1. **S. Baranwal**
Concern for environment in Ancient India. – Renewable research journal.
2. International Energy agency. World Energy Outlook 2014.
3. Government of India. Ministry of Water Resources. Annual Report. 2014 New Delhi: Government of India. Ministry of Water Resources, 2014.
4. Government of India. Ministry of Environment, Forests and Climate Change. Annual Report. 2013–2014 New Delhi: Government of India. Ministry of Environment, Forests and Climate Change. 2014.
5. **A. Anand**
Breathing poison in the world's most polluted city. – BBC. 4.19.2015.
6. **I.V. Sablin**
Reflection of environmental policies of India and China in scientific and socio-political discourse – Terra Humana. URL: Government of India. Ministry of Water Resources. Annual Report. 2000–01. New Delhi, 2001.
7. **Arnab Sarkar**
Transforming India's Climate Finance through Sector-Specific Financial Institutions Part 1 – CPI / CLIMAT POLICY INITIATIVE. 08.04.2024.
8. **G.M. Golobokova**
Economic and Legal Aspects of Environmental Quality Management in Industry 4.0. 2023, In: Popkova, E.G. (eds) Smart Green Innovations in Industry 4.0. Springer Climate. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-031-45830-9_21.
9. **G.M. Golobokova**
Structure and indicators of commercialization of intellectual property in the EAEU and the CIS: experience, problems and prospects in the context of digitalization / G.M. Golobokova // Economic Development of Russia: Challenges and Opportunities in a Changing World: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference / edited by Professor I.V. Shevchenko; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Kuban State University. Krasnodar: Kuban State University, 2023. Vol. 2. 391 p.
10. Intellectual property India. Annual Report 2019–2020. Government of India. Ministry of Commerce & Industry Department of Industrial Policy and Promotion.
11. Analytical note "Lending against collateral of intellectual property. International experience".
12. **V.V. Matvienko**
The problem of copyright protection in the Indian media industry. RUDN Bulletin, Literary Studies series. Journalism, 2014, No. 4. M. 2014.
13. Analysis of the Indian services market in the field of intellectual property (franchising and R & D). All-Russian Academy of Foreign Trade: M. 2022.
14. Technology Development Board (TDB). (2023). *Annual Report 2022–2023*. Government of India, Department of Science and Technology. Retrieved from (<https://tdb.gov.in>)
15. Neeri's giant leap with Global South Network for eco sustainability | Nagpur News – Times of India.
16. Green Growth Equity Fund (GGEF), 2024. *Impact Investment Portfolio Overview*.
17. Impact initiative of the year – Asia: Green Growth Equity Fund : Environmental Finance.
18. Project detail – GREEN GROWTH EQUITY FUND.
19. IFCI Venture Capital Funds Ltd. (2023). *Green India Venture Fund II – Fund Details and Investee Companies*.
20. Green Frontier Capital. (2024). *Climate Tech Investment Strategy – India Focus*.

Современные математические и экспертные методы управления экологической безопасностью

А.И. Орлов

Повсеместно используемая в настоящее время экономическая модель – это модель расширенного воспроизводства. Оно может продолжаться лишь до тех пор, пока мировое хозяйство не приблизится в своём росте к объективно существующим пределам. Отсюда следует, что в будущем современная экономическая модель должна быть изменена, причём именно по экологическим причинам. Для успешного проведения работ в области экологии необходима разработка и применение соответствующего научного инструментария. Его важными составными частями являются математические модели, статистические методы, экспертные технологии. В статье в качестве примеров рассмотрены работы по ряду проблем управления экологической безопасностью – по научно-техническому обеспечению уничтожения химического оружия, экологическому страхованию, технологиям экологических экспертиз, применению статистических методов при экологическом мониторинге. Для стран БРИКС при разработке экологических аспектов развития и сотрудничества весьма важно преодолеть преклонение перед устаревшими концепциями западной науки. Так, установлено, что концепция Киотского протокола не является научно обоснованной. По мнению автора, разработка и широкое внедрение математических, статистических и экспертных методов экологии – необходимое условие успешного развития стран БРИКС.

Ключевые слова: экологическая безопасность, математические модели, статистические методы, экспертные технологии, управление, развитие науки.

В названиях докладов международного форума «Страны БРИКС: экологические аспекты развития и сотрудничества» не встречаются слова «математические», «статистические», «экспертные», «инструментальные» методы (хотя в некоторых докладах использовались математические методы и цифровые технологии). Цель настоящей работы – способствовать становлению самостоятельной научной специальности «Математические, статистические и инструментальные методы в экологии» по аналогии с экономическими науками, в которых подобная специальность давно выделена.

Повсеместно используемая в настоящее время экономическая модель – это модель расширенного воспроизводства. Как математические модели, так и анализ статистических данных показывают, что основные макроэкономические показатели (ва-

ловой внутренний продукт, объем промышленного производства) год от года увеличиваются, их рост достаточно хорошо описывается экспоненциальной функцией от времени. Однако существуют пределы роста, связанные с ограниченностью потенциально доступных природных ресурсов. Расширенное воспроизводство может продолжаться лишь до тех пор, пока мировое хозяйство не приблизится в своем росте к объективно существующим пределам. Отсюда следует, что в будущем современная экономическая модель должна быть изменена, причем именно по экологическим причинам [1].

Уже общепризнано, что современная модель капитализма исчерпала себя (слова Президента России В.В. Путина на пленарной сессии XVIII заседания международного дискуссионного клуба «Валдай» 21 октября 2021 года). Что должно заменить устаревшую модель? Мы предлагаем исходить из новой парадигмы экономической науки (и соответствующей ей хозяйственной практики), основанной на современной цифровой экономике [2].

Из сказанного ясно, что значение экологии с течением времени будет только возрастать. Для стран БРИКС при разработке экологических аспектов развития и сотрудничества весьма важно преодолеть преклонение перед устаревшими концепциями западной науки. Необходимость модернизации научного комплекса стран БРИКС обоснована в нашем



ОРЛОВ

Александр Иванович

профессор, д.э.н.,

д.т.н., к.ф.-м.н.,

Московский государственный

технический университет

им. Н.Э. Баумана

докладе на конференции «Страны БРИКС: стратегии развития и механизмы сотрудничества в изменяющемся мире» [3] на примере экономики, математики и науковедения. В рассмотренных в этом докладе областях науки разработаны научные направления, в которых Россия опережает Запад. Как говорил Мао Цзэдун, «ветер с Востока одолевает ветер с Запада».

Аналогичная ситуация наблюдается и в экологической науке. Дополнительные сложности создает то, что необходимо учитывать не только научные соображения, но и политические и экономические аспекты. Приведем лишь один характерный пример. Двадцать лет назад велись споры о целесообразности ратификации Россией Киотского протокола, посвященного ограничениям на выброс в атмосферу так называемых парниковых газов, прежде всего углекислого газа CO₂ (диоксида углерода). Он был принят 11 декабря 1997 года в городе Киото (Япония) и вступил в силу 16 февраля 2005 года.

В результате проведенного анализа было установлено [4], что концепция Киотского протокола не является научно обоснованной. Более того, потепление климата выгодно России, бороться против него – значит бороться против национальных интересов России.

Было установлено, что выполнение или невыполнение Киотского протокола не окажет реального воздействия на процесс потепления климата. Таким образом, цели разработки Киотского протокола не столько экологические, сколько экономические и политические. Основная цель состоит в получении странами Европейского союза правового инструмента для давления на соперников, прежде всего на США и страны БРИКС.

Дело в том, что экологические требования в Европейском союзе более жесткие, чем в США и России, а потому издержки производства товаров и услуг выше. Поэтому европейцам хочется заставить соперников повысить расходы на экологию, а потому и издержки производства, что неизбежно приводит к понижению конкурентоспособности их товаров и, соответственно, относительному повышению конкурентоспособности европейской продукции.

План не вполне удался – США подписали Киотский протокол в ноябре 1998 г., но в 2001 году отказались от ратификации. Развивающиеся страны, а также Китай и Индия обязательств на себя не брали.

Для введения в действие Киотского протокола необходимо его подписание странами, на долю которых приходится не менее 55% зафиксированных в протоколе выбросов. После отказа США от ратификации введение протокола в действие зависело от позиции России. Если Россия ратифицирует протокол, то он вступает в действие. Давление Европейского союза, настаивающего на ратификации, доходило до грани шантажа. Для этого использовались экологические соображения. Достаточно вспомнить о запрете полетов российских самолетов в Европу из-за якобы недопустимо сильного шума работающих двигателей. В результате Россия ра-

тифицировала Киотский протокол в ноябре 2004 года.

Это решение нанесло ущерб национальным интересам России. Впрочем, по нашей оценке, прошедшие годы показали, что протокол «умер естественной смертью». Так, в декабре 2015 года было принято Парижское соглашение по климату, которое пришло на смену Киотскому протоколу. Важно констатировать, что экологические соображения были прикрытием для политических и экономических целей.

Для успешного проведения работ в области экологии необходима разработка и применение соответствующего научного инструментария. Его важными составными частями являются математические модели, статистические методы, экспертные технологии.

Констатируем, что доступен для использования обширный научный задел. В настоящей работе невозможно дать его развернутый анализ. Отметим только, что и в настоящее время большую ценность представляют, например, математические модели динамики популяций, разработанные в XX веке академиком АН СССР А.Н. Колмогоровым [5, 6].

Не пытаясь рассмотреть многообразные применения в экологии статистических методов и экспертных технологий, обсудим те из них, которыми занимался автор настоящей работы.

Начнем с обсуждения научных результатов, полученных в ходе работ (с нашим участием) по научно-техническому обеспечению уничтожения химического оружия. В этой области разработаны различные технологии. Надо их упорядочить по предпочтительности. Для этого естественно использовать коллективное мнение комиссии экспертов. Подчеркнем, что задача упорядочивания объектов экспертизы возникает в самых разных областях. Сводка различных подходов к решению этой задачи представлена нами [7] на примере определения приоритетности

реализации НИОКР на предприятиях ракетно-космической отрасли.

Для решения задачи упорядочения технологий (уничтожения химического оружия) был взят кредит на 1 миллион долларов и направлен американской фирме для разработки методики решения этой задачи. Представленная методика была основана на выделении факторов, которые необходимо (по мнению разработчиков) учитывать при упорядочении, оценивании (экспертами) весовых коэффициентов и построении линейного интегрального показателя, по которому и предлагалось строить искомое упорядочение. В отчете американской фирмы были приведены экспертные оценки, на основе которых рассчитывались веса. Мы были поражены разбросом этих оценок. Одному и тому же фактору один из экспертов давал вес 0.1, а другой – вес 0.7 (сумма всех весов равнялась 1). Было ясно, что построенный на основе подобных экспертных оценок интегральный показатель не решает поставленной задачи, поскольку не является устойчивым по отношению к допустимым отклонениям исходных экспертных данных (здесь мы опираемся на теорию устойчивости организационно-экономических методов и моделей [8, 9]).

В ответ на фиаско американской фирмы пришлось разработать свой подход для решения обсуждаемой задачи [10] (здесь и далее даем ссылки на наши публикации последних лет). Он основан на получении от экспертов непосредственно упорядочений объектов экспертизы (синоним – кластеризованных ранжировок), а не оценок факторов. Таким образом, ответы экспертов измерены в порядковой шкале. Как установлено в теории измерений, для усреднения подобных данных необходимо использовать медиану рангов ответов экспертов по поводу определенного объекта экспертизы (а не среднее арифметическое).

Однако заказчику исследования была понятна процедура упорядоче-

ния объектов экспертизы (т.е. получения итогового мнения комиссии экспертов) на основе средних арифметических выставленных экспертами рангов, в отличие от незнакомо-го ему упорядочения на основе медиан рангов. Мы приняли решение рассчитывать два упорядочения объектов экспертизы – по средним арифметическим рангов и по медианам рангов. Опыт показал, что такие упорядочения (ранжировки со связями) имеют много общего, но есть и различия. Поэтому мы разработали процедуру согласования ранжировок (на основе теории графов). Таким образом, удалось разработать адекватные процедуры упорядочения объектов экспертизы, основанные на научных результатах статистики нечисловых данных и учитывающие традиции прикладных областей.

Еще один способ усреднения мнений экспертов, выраженных в виде упорядочений (ранжировок со связями), – это расчет медианы Кемени. Этот метод был предложен в середине XX века американским математиком венгерского происхождения Дж. Кемени. Медиана Кемени – это то упорядочение (или упорядочения), для которого минимальна сумма так называемых расстояний Кемени от него до ответов экспертов. Минимизация проводится по множеству всех ранжировок со связями. Алгоритмы для решения этой математической задачи довольно сложны. С точки зрения теории экспертных оценок оправдана рекомендация о применении введенной нами так называемой модифицированной медианы Кемени, отличающейся от классической медианы тем, что минимизация проводится только по множеству ответов экспертов (а не по множеству всех ранжировок со связями). Использование модифицированной медианы Кемени позволяет резко сократить объем вычислений, она может быть использована даже при ручном счете. Поэтому полезна рекомендация об использовании модифицированной медианы Кемени вместо обычной медианы Кемени при практических работах.

Усреднение объектов нечисловой природы с помощью медианы Кемени было обобщено при введении средних величин в произвольных пространствах нечисловых данных. Дальнейшее развитие исследований позволило построить статистику нечисловых данных как развитое направление математической статистики, в частности, доказать законы больших чисел в пространствах произвольной природы и разработать основные разделы статистических методов анализа нечисловых данных [11]. Констатируем большое значение медианы Кемени для становления современной прикладной статистики как одного из интеллектуальных инструментов экологии.

Дальнейшие наши работы в области экологии были посвящены ряду проблем управления экологической безопасностью – экологическому страхованию, технологиям экологических экспертиз, применению статистических методов при экологическом мониторинге.

Федеральный закон от 10.01.2002 №7-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «Об охране окружающей среды» содержит статью

18, посвященную экологическому страхованию. Широко применяется Федеральный закон от 23.11.1995 №174-ФЗ «Об экологической экспертизе» (редакция закона, действующая с 1 марта 2025 года, доступна на сайте tk-servis.ru). Однако в этих и других нормативных документах не названы конкретные методы сбора и анализа экспертных данных. Рекомендуем применять экспертные технологии, рассмотренные в наиболее цитируемом в нашей стране учебнике [10], уже упомянутом выше в связи с работами по уничтожению химического оружия.

Развитие статистических методов в нашей стране в XX и XXI веках обсуждается в части I монографии [14]. Эти методы полезны в экологии. В частности, часть II этой монографии посвящена проблемам управления экологической безопасностью. Рассмотрены экологические риски и экологическая безопасность подземных безоболочных резервуаров в многолетнемерзлых грунтах, используемых для захоронения отходов бурения.

Для планирования и анализа данных экологического мониторинга полезны методы статистического контроля совокупностей и процессов [15]. Они – те же, что и для контроля качества продукции и аудита. Опишем постановки задач в общих терминах.

Пусть взята совокупность проб (воздуха, воды или с поверхности). Некоторые пробы соответствуют нормативам (при контроле качества продукции речь идет о годных изделиях или деталях), некоторые – нет (в терминах контроля качества изделие или деталь является дефектными). Соответствует ли в целом экологическая обстановка требованиям (т.е. доля проб с нарушениями не превосходит заданное нормативное значение)? Для ответа на этот вопрос разработаны методы статистического контроля совокупностей. Контроль процессов нацелен на обнаружение резкого или постепенного изменения характеристик наблюдаемого процесса. Применительно к изготовлению продукции говорят о статистическом регулировании технологического процесса и обнаружении разладки.

В заключение – несколько слов об управлении наукой и обеспечении научно-технологического суверенитета, необходимого для обеспечения в мировом масштабе технологического лидерства России и других стран БРИКС.

В современную эпоху перемен концепция глобализации – мощное идейное оружие англосаксов, позволяющее нивелировать отставание в экономике. Как следствие, от прежнего понимания глобализации необходимо отказаться. С прискорбием надо констатировать, что идея глобализации по-прежнему господствует в массовом сознании исследователей. Большинство из них не сомневается в существовании единой мировой науки. Наибольший вред наносит присвоение интеллектуальной собственности на значимые научно-технические достижения. Известно, что мобильный телефон и Интернет были впервые разработаны и внедрены в нашей стране.

Приоритетной должна быть отечественная наука, а не «мировая». По нашему мнению, основные научные результаты следует вначале публиковать в российских изданиях. Англосаксы активно внедряют требования к публикациям, которые наносят значительный вред развитию науки как информационного процесса. Например, отрицательное отношение к самоцитированию, что лишает читателя важной информации и затрудняет перенос знаний из одной научной области в другую. Или требование обязательного слепого рецензирования, что заметно замедляет публикацию новых результатов.

Большое значение имеет существование информационного барьера, вызванного ограниченными возможностями человеческого мозга в области обработки информации. Научный работник за свою жизнь может изучить лишь несколько тысяч статей и книг из миллионов публикаций в его научной области. Информационный барьер стал препятствием для экспертных методов оценки результативности научной деятельности. Наукометрические методы дают возможность оценить вклад ученых и исследовательских групп по гамбургскому счету. Против использования наукометрии возражают, прежде всего, те деятели науки, для которых высокая оценка окружения и руководства противоречит относительно малым наукометрическим показателям. Чтобы получить объективную оценку результативности научной деятельности в нашей стране, в том числе в экологии, необходимо применять отечественные наукометрические системы. Основная среди таких систем – РИНЦ.

По мнению автора, разработка и широкое внедрение математических, статистических и инструментальных методов экологии – необходимое условие успешного развития стран БРИКС.

Литература

1. **А.И. Орлов**
Контроллинг, 2021, 2(80), с. 24–31.
2. **А.И. Орлов**
Новая парадигма экономической науки на основе солидарной цифровой экономики: монография. – М.: Русайнс, 2024. – 164 с.
3. **А.И. Орлов**
О модернизации научного комплекса стран БРИКС (экономика, математика, науковедение) // Страны БРИКС: стратегии развития и механизмы сотрудничества в изменяющемся мире: материалы Второй международной научно-практической конференции (5–7 июня 2024 года): в 2-х ч. Ч. 2 / отв. ред. М.А. Булавина, В.И. Герасимов. – Москва: Издательский дом УМЦ, 2024. – С.534–539.
4. **А.И. Орлов, В.А. Поляков**
«Черные дыры» в российском законодательстве, 2004, 3, с. 448–450.
5. **А.Н. Колмогоров**
Проблемы кибернетики, 1972, 25, с. 101–106.
6. **А.Н. Kolmogoroff**
Giornale dell'Istituto Italiano degli attuari, 1936, 7, p. 74–80.
7. **А.И. Орлов, А.Д. Цисарский**
Контроллинг, 2020, 2(76), с. 58–65.
8. **А.И. Орлов**
Устойчивость в социально-экономических моделях. – М.: Наука, 1979. – 296 с.
9. **А.И. Орлов**
Устойчивые экономико-математические методы и модели: монография. – М.: Ай Пи Ар Медиа, 2022. – 337 с.
10. **А.И. Орлов**
Искусственный интеллект: экспертные оценки: учебник. – М.: Ай Пи Ар Медиа, 2022. – 436 с.
11. **А.И. Орлов**
Искусственный интеллект: нечисловая статистика. – М.: Ай Пи Ар Медиа, 2022. – 446 с.
12. **А.И. Орлов**
Проблемы управления экологической безопасностью. Итоги двадцати лет научных исследований и преподавания. – Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 344 с.
13. **А.И. Орлов**
Проблемы управления экологической безопасностью. – М.: Ай Пи Ар Медиа, 2022. – 224 с.
14. **В.И. Лойко, Е.В. Луценко, А.И. Орлов**
Высокие статистические технологии и системно-когнитивное моделирование в экологии : монография. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – 258 с.
15. **А.И. Орлов**
Теория принятия решений: учебник. – М.: Ай Пи Ар Медиа, 2022. – 826 с.

English

Modern mathematical and expert methods of environmental safety management

Alexander I. Orlov

Professor, Bauman Moscow State Technical University
5, building 1, 2nd Baumanskaya St., Moscow, 105005, Russia
prof-orlov@mail.ru

Annotation

The economic model that is currently widely used is the extended reproduction model. It can only continue until the world economy approaches objectively existing limits in its growth. It follows that in the future, the modern economic model must be changed, and precisely for environmental reasons. For successful work in the field of ecology, it is necessary to develop and apply appropriate scientific tools. Its important components are mathematical models, statistical methods, and expert technologies. The article provides examples of work on a number of environmental safety management issues, such as scientific and technical support for the destruction of chemical weapons, environmental insurance, environmental expertise technologies, and the use of statistical methods in environmental monitoring. When developing the environmental aspects of development and cooperation, it is very important for the BRICS countries to overcome their reverence for outdated concepts of Western science. Thus, it has been established that the concept of the Kyoto Protocol is not scientifically sound. According to the author, the development and widespread implementation of mathematical, statistical and expert methods of ecology is a necessary condition for the successful development of the BRICS countries.

Keywords: environmental safety, mathematical models, statistical methods, expert technologies, management, science development.

References

1. **A.I. Orlov**
Kontrolling, 2021, 2(80), pp. 24–31. (in Russian).
2. **A.I. Orlov**
Novaya paradigma ekonomicheskoy nauki na osnove solidarnoy cifrovoy ekonomiki: monografiya. – M.: Rusajns, 2024. – 164 s. (in Russian).
3. **A.I. Orlov**
O modernizacii nauchnogo kompleksa stran BRIKS (ekonomika, matematika, naukovedenie) // Strany BRIKS: strategii razvitiya i mekhanizmy sotrudnichestva v izmenyayushchemsya mire: materialy Vtoroj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy

- konferencii (5–7 iyunya 2024 goda): v 2-h ch. CH. 2 / otv. red. M.A. Bulavina, V.I. Gerasimov. – Moskva: Izdatel'skij dom UMC, 2024. – S.534–539 (in Russian).
4. **A.I. Orlov, V.A. Polyakov**
«Chernye dyry» v rossijskom zakonodatel'stve, 2004, 3, pp. 448–450.
5. **A.N. Kolmogorov**
Problemy kibernetiki, 1972, 25, pp. 101–106 (in Russian).
7. **A.H. Kolmogoroff**
Giornale dell'Istituto Italiano degli attuari, 1936, 7, p. 74–80.
8. **A.I. Orlov**
Ustojchivost' v social'no-ekonomicheskikh modelyakh. – M.: Nauka, 1979. – 296 s. (in Russian).
9. **A.I. Orlov**
Ustojchivye ekonomiko-matematicheskie metody i modeli: monografiya. – M.: Aj Pi Ar Media, 2022. – 337 s. (in Russian).
10. **A.I. Orlov**
Iskusstvennyj intellekt: ekspertnye ocenki: uchebnik. – M.: Aj Pi Ar Media, 2022. – 436 s. (in Russian).
11. **A.I. Orlov**
Iskusstvennyj intellekt: nechislovaya statistika. – M.: Aj Pi Ar Media, 2022. – 446 s. (in Russian).
12. **A.I. Orlov**
Problemy upravleniya ekologicheskoy bezopasnost'yu. Itogi dvadcati let nauchnyh issledovanij i prepodavaniya. – Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing. 2012. – 344 s. (in Russian).
13. **A.I. Orlov**
Problemy upravleniya ekologicheskoy bezopasnost'yu. – M.: Aj Pi Ar Media, 2022. – 224 s. (in Russian).
14. **V.I. Lojko, E.V. Lucenko, A.I. Orlov**
Vysokie statisticheskie tekhnologii i sistemno-kognitivnoe modelirovanie v ekologii: monografiya. – Krasnodar: KubGAU, 2019. – 258 s. (in Russian).
15. **A.I. Orlov**
Teoriya prinyatiya reshenij: uchebnik. – M.: Aj Pi Ar Media, 2022. – 826 s. (in Russian).

Фундаментальные исследования и разработка ключевых материалов в новых высокоэффективных щелочных мембранных топливных элементах

А.В. Буланова, Р.В. Шафигулин, В.А. Богдановская, К.Ю. Виноградов,
В.Н. Андреев, Е.О. Токранова, О.В. Корчагин, С.В. Востриков

Исследования в рамках международного сотрудничества стран БРИКС проводились учеными Самарского национального исследовательского университета им. С.П. Королева, Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН (Россия), Пекинского университета химической технологии Китая, Международного Современного Исследовательский центра по порошковой металлургии и новым материалам Индии.

В статье приведены основные результаты исследований российского коллектива по разработке катализаторов с минимальным содержанием платины, а также неплатиновых катализаторов для щелочных топливных элементов (ТЭ) в реакции восстановления кислорода (РВК) и окисления водорода (РОВ). В качестве носителей использовали углеродные материалы, изучали влияние природы углеродных носителей, допантов и модификаторов (платина, молибден, серебро, палладий, железо, никель, кобальт и др.) на каталитические характеристики полученных материалов в РВК и РОВ.

Испытания синтезированных катализаторов в электрохимической ячейке показали, что катализатор на основе мезопористого углерода, модифицированного 7% палладия (СМК-3_Pd) сопоставим по эффективности с коммерческим платиновым катализатором, содержащим 40% Pt и обладает высокой коррозионной устойчивостью.

Ключевые слова: щелочные топливные элементы, катализатор электрохимического восстановления кислорода, катализатор электрохимического окисления водорода, углеродные нанотрубки, мезопористый углерод.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 19-53-80033 БРИКС_m).

Введение

В настоящее время наблюдается интенсивный поиск экологически чи-

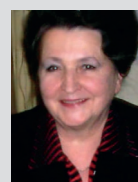
стых, экономически эффективных и стабильных систем преобразования и хранения энергии, что обусловлено необходимостью снижения зависимости от ископаемых видов топлива и минимизации негативного воздействия на окружающую среду.



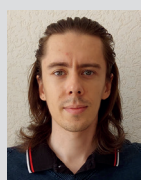
БУЛАНОВА
Анджела Владимировна
профессор, д.х.н.,
Самарский национальный
исследовательский
университет имени
академика С.П. Королёва



ШАФИГУЛИН
Роман Владимирович
доцент, к.х.н.,
Самарский национальный
исследовательский
университет имени
академика С.П. Королёва



БОГДАНОВСКАЯ
Вера Александровна
д.х.н.,
Институт физической
химии и электрохимии
им. А.Н. Фрумкина РАН



ВИНОГРАДОВ
Кирилл Юрьевич
Самарский национальный
исследовательский
университет имени
академика С.П. Королёва



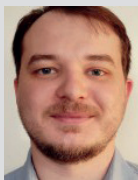
АНДРЕЕВ
Владимир Николаевич
д.х.н.,
Институт физической
химии и электрохимии
им. А.Н. Фрумкина РАН



ТОКРАНОВА
Елена Олеговна
к.х.н.,
Самарский национальный
исследовательский
университет имени
академика С.П. Королёва



КОРЧАГИН
Олег Вячеславович
к.х.н.,
Институт физической
химии и электрохимии
им. А.Н. Фрумкина РАН



ВОСТРИКОВ
Сергей Владимирович
доцент, к.х.н.,
Самарский государственный
технический университет

В этом контексте мембранные топливные элементы привлекают значительное внимание как перспективные источники энергии [1, 2]. Одним из основных препятствий для их широкого внедрения в промышленность и в повседневную жизнь является высокая стоимость платиновых катализаторов реакций РОВ и РВК [3–6]; поэтому разработка высокоэффективных электрокаталитических систем, сопоставимых или превосходящих по активности платиновые, а также обладающих улучшенными характеристиками стабильности и долговечности, являются актуальными. В рамках этого направления исследуются различные подходы, включая синтез бинарных катализаторов Pt-Me (где Me – другой металл) [7, 8], замену платины другими металлами [9–14], их сплавами [16–18]. Несмотря на достигнутые успехи, разработанные катализаторы зачастую демонстрируют меньшую активность по сравнению с платиновыми аналогами, а также подвержены коррозии и окислению в условиях эксплуатации электрохимических устройств.

Перспективным направлением является использование углеродных материалов в качестве носителей катализаторов, благодаря их высокой электропроводности, большой площади поверхности, химической и термической стабильности. Разнообразие углеродных материалов, включая технический углерод [19, 20], углеродные нанотрубки [21, 22], оксид графена (допированный азотом [23] или восстановленный [24]), ультрадисперсные алмазы [25] и упорядоченные мезопористые углеродные материалы (УМУМ) [26, 27], позволяет подобрать оптимальный носитель, обеспечивающий высокую дисперсность активных центров катализатора. УМУМ, в частности, представляют интерес благодаря своей высокой удельной площади поверхности, большому объему пор, высокой электропроводности, химической стабильности и относительно низкой стоимости. Упорядоченные структуры, такие как СМК-1 (кубическая) и СМК-3 (гексагональная), обеспечивают взаимосвязанные каналы, способствующие диффузии кислорода и переносу реагентов к активным участкам катализатора [28, 29]. Модификация углеродных носителей путем допирования гетероатомами (азотом, серой) изменяет их электронные и физико-химические свойства, повышая электронную плотность, что способствует адсорбции кислорода и ослаблению связи О–О [30–32]. Кроме того, перспективным подходом является использование ионных жидкостей в качестве прекурсоров, что позволяет влиять на структуру активных центров и текстурные характеристики катализаторов [33, 34].

Синтез катализаторов и методы их исследования

Синтез катализаторов на основе мезопористых углеродов СМК-1 и СМК-3

Синтез мезопористых углеродных материалов осуществлялся методом шаблонов. Мезопористые силикаты, синтезированные представленными методами: МСМ-48 [7] и SBA-15 [6], соответственно, использовались в качестве шаблонов для получения СМК-1 и СМК-3. Для получения

мезопористых углей синтезированные образцы силикатных материалов дважды пропитывались водным раствором сахарозы, содержащим серную кислоту, аналогично процедуре, описанной в [3]. Карбонизация была завершена пиролизом при нагревании до 600°C в атмосфере азота. Полученный углеродно-силикатный композит был обработан раствором HF при температуре 50°C в течение 3 часов для удаления силикатного шаблона. Затем материал отфильтровали, промыли этанолом и высушили при 120°C. Полученные углеродные материалы были обозначены с использованием международной номенклатуры на основе МСМ-48 – СМК-1, SBA-15 – СМК-3.

При подготовке образцов, легированных азотом, 30 мг углерода диспергировали в 10 мл деионизированной воды с помощью ультразвука в течение 10 минут. Затем 300 мкл анилина и 1500 мкл водного раствора HCl (2 М) смешивали при комнатной температуре, полученную смесь добавляли в диспергированный раствор с углеродом и перемешивали с помощью ультразвука в течение 5 минут. К вышеуказанной смеси добавили 1350 мг $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (молярное соотношение анилина к FeCl_3 составляло 2:3), что запустило окислительную полимеризацию на месте. Смесь выдерживали на ледяной бане в течение 24 часов при перемешивании. Полученный композит представлял собой темно-зелёный осадок, который отделили центрифугированием и трижды промыли деионизированной водой и этанолом. Затем образцы сушили в вакууме при 60°C и нагревали в атмосфере N_2 при 900°C со скоростью нагрева 5°C в минуту в течение 2 часов. Полученные композиты получили обозначения СМК-1_N и СМК-3_N соответственно.

Для приготовления палладийсодержащих катализаторов активный компонент (~ 5 масс. %) наносили на углеродные носители, легированные и нелегированные азотом, методом однократной пропитки. В

качестве прекурсора использовали хлорид палладия PdCl_2 (99.995%, CAS 7647-10-1, Merck). Пропитанные образцы выдерживали в течение суток при комнатной температуре, затем сушили при 60°C в течение 6 часов и прокаливали при 200°C на воздухе в течение 1 часа. Восстановление катализаторов проводили в потоке водорода при 350°C в течение 2 часов. Полученные композиты обозначили как CMK-1_N_Pd, CMK-3_N_Pd, CMK-1_Pd и CMK-3_Pd.

Палладий, содержащий катализатор был модифицирован ионной жидкостью методом однократной пропитки. В качестве ионной жидкости использовалась имидазольная ионная жидкость [BMIM] [Br]. Образец палладийсодержащего катализатора, пропитанный ионной жидкостью, подвергался ультразвуковой обработке в течение 5 часов, а затем высушивался при 100°C на воздухе. Полученный композит получил обозначение CMK-3_Pd_IL (5 масс.% Pd, 23 масс.% IL).

Синтез катализаторов на основе MWCNT, GO и UDD

Точные навески углеродных носителей (MWCNT, GO и UDD), фталоцианинов металлов и хлорида палладия растворяли в 50 мл этилового спирта и подвергали ультразвуковой обработке в течение 4 ч. Реакционную смесь высушивали в муфельной печи при 90°C и подвергали пиролизу в атмосфере азота при 1000°C с градиентом нагрева $5^\circ\text{C}/\text{мин}$. Время пиролиза составляло 1 ч. Были получены следующие катализаторы: MWCNT_CoPc_Pd, MWCNT_CuPc_Pd, GO_CoPc_Pd, GO_CuPc_Pd, UDD_CoPc_Pd. Содержание кобальта и меди составляло 10 масс.%, палладия – 10 масс.%. Синтез катализаторов MWCNT_CoPc и MWCNT_CuPc проводился в аналогичных условиях без использования источника палладия на начальном этапе синтеза.

Синтез катализаторов на основе функционализированных УНТ

Обработка УНТ щелочью. Аликвоту исходного УНТ (400 мг) поме-

стили в колбу с обратным холодильником и добавили 200 мл 1 М NaOH. Затем суспензию УНТ выдерживали при температуре 100°C в течение 1 ч при непрерывном перемешивании (магнитной мешалкой). Далее осадок промыли деионизированной водой до нейтрального pH. Осадок высушили в вакуумной сушильной камере при 90°C до полного удаления влаги.

Допирование азотом. Функционализированные УНТ смешивали с меланином ($\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6$) в качестве прекурсора азота в соотношении 1 : 0.7 и измельчали в шаровой мельнице в течение 1 часа при 800 об/мин. Полученную порошкообразную смесь помещали в кварцевую трубку и обжигали в атмосфере аргона при 600°C в течение 1 часа.

Полиольный метод синтеза Pt-катализатора. Аликвоту УНТ после описанной выше обработки поместили в этиленгликоль (сверхчистый, ЗАО «ЭКОС-1», Россия) и подвергли ультразвуковой дисперсии в течение 1 ч. Затем суспензию углеродного материала в этиленгликоле поместили в трехгорлую круглодонную колбу, оснащенную капельной воронкой, обратным холодильником и капилляром для подачи аргона. Колбу поместили в лабораторную баню, наполненную глицерином. Этиленгликоль добавляли через воронку с раствором $\text{H}_2\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (компания Aurat). Баню нагревали до $110\text{--}130^\circ\text{C}$. Нагревание продолжалось в течение 1,5 ч при барботировании аргона. Полученную смесь выдерживали, промывали водой, отделяли твердый осадок центрифугированием и помещали в сушильный шкаф. Мы синтезировали катализаторы с содержанием Pt 10, 20, 40 и 60 масс. % на двух типах синтезированных УНТ: УНТ_{NaOH} и УНТ_{NaOH + N}. Отклонение содержания Pt в образцах не превышает 2 масс. %.

Методы исследования катализаторов

Текстурные характеристики синтезированных носителей и катализаторов изучали методом низкотемпературной адсорбции-десорбции азота на порозиметре Quantochrome Autosorb-1 (Quantachrome instruments). Удельную площадь поверхности рассчитывали по модели Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ). Качественный анализ проводили методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) на приборе BRA-18. Термогравиметрический анализ осуществляли на приборе STA 449 F3 Jupiter (NETZSCH) в интервале температур от 35 до 800°C при скорости нагрева $10^\circ\text{C}/\text{мин}$ в воздушном потоке при расходе 200 мл/мин. КР-анализ проводили в геометрии обратного рассеяния на микрорамановском спектрометре Renishaw In Via, оснащенном детектором с зарядовой связью (CCD), Ar-ионным лазером ($\lambda = 532$ нм) и решеткой 1800 линий/мм со спектральным разрешением 1. Источник возбуждения фокусировался на пятно размером 2 мкм при мощности лазера от 1 до 5 мВт. Морфологию синтезированных образцов исследовали методом СЭМ на сканирующем электронном микроскопе CarlZeiss Supra 25. Термопрограммируемое восстановление (ТПВ) катализаторов проводили на приборе TPDRO 1100 с использованием детектора по теп-

лопроводности. Процесс восстановления проводили в смеси 5% объема водорода в азоте при следующих параметрах: объемная скорость потока 50 мл/мин, температурный диапазон от комнатной до 1100°C, скорость нагрева 10°C мин⁻¹. Непосредственно перед анализом образцы высушивали в атмосфере аргона. РФЭС-спектры снимали с помощью Оже-спектрометра (Vacuum Generators, Великобритания) с приставкой CLAM2 для измерения РФЭС-спектров. Вакуум в камере анализатора достигал 10⁻⁸ Торр. Источником монохроматического излучения служила рентгеновская трубка с алюминиевым анодом при мощности излучения 200 Вт. Положение пика стандартизовали относительно положения s-пика 285.0 эВ-C1. Для количественных выражений использовали коэффициенты чувствительности, приведенные в программе обработки спектров VG1000. Состав поверхностного слоя определяли до глубины 10 нм.

Процесс электрохимического восстановления кислорода из щелочного электролита (0,1 N раствор КОН) изучали потенциометрическим методом на приборе CorrTest в режимах линейной и циклической вольтамперометрии (ЛВА и ЦВА). Использовали трехэлектродную ячейку с вращающимся дисковым электродом. В качестве рабочего электрода использовали дисковый стеклоуглеродный электрод с рабочей поверхностью 0.071 см².

Электроды для испытаний в мембранно-электродном блоке (МЭБ) формировали путем распыления на газодиффузионный слой (ГДС) Sigracet 39 BV суспензии иономера (раствор иономера FAA (в форме Br) в N- метилпирролидоне (FuMA-Tech Inc., 10 масс.%) и катализаторов с добавлением водного раствора изопропанола. Массовое соотношение иономера и углеродного носителя составляло 1/1. В составе катода сравнивали катализатор 10% Pd/C и коммерческий катализатор 60% Pt/C (HiSPEC 9100), а на аноде использовали катализаторы 10% PtM (M = Ni, Mo)/CNT. Перед испытаниями мембрану (Fumaser FAS-50) и электроды выдерживали в 1 M растворе КОН в течение 3–4 ч. После этого мембрану зажимали между электродами в испытательной ячейке ТЭ с площадью активной поверхности 5 см². Сформированный МЭБ герметизировался с помощью тефлоновых прокладок, обеспечивающих степень сжатия

15–20%. При испытаниях в катодное пространство ячейки подавался кислород, а в анодное – водород (химически чистые газы). Относительная влажность газов составляла ~100%, температура ячейки соответствовала максимально допустимой рабочей температуре электролитов ФАА (40°C). При испытаниях МЭБ снимались квазистационарные вольтамперные характеристики (скорость развертки напряжения 5–10 мВ/с) от напряжения холостого хода до 0.1 В. На основании полученных вольтамперных характеристик рассчитывалась удельная мощность ТЭ (P) по уравнению:

$$P=Ui,$$

где U и i – текущие значения напряжения и плотности тока соответственно.

Результаты и обсуждение

Катализаторы РВК на основе мезопористых углеродов

Физико-химические характеристики синтезированных образцов, полученные из изотерм адсорбции-десорбции азота, представлены в таблице 1. Полученные мезопористые угли характеризуются очень высокими значениями удельной поверхности. Это связано с большим количеством микропор, образующихся в процессе карбонизации поверхности. Кроме того, СМК-3 имеет больший общий объем пор по сравнению с СМК-1. В случае образца СМК-1 микропоры составляют почти половину всего объема пор.

Таблица 1. Текстульные характеристики синтезированных углеродных материалов и катализаторов

Образец	Удельная площадь поверхности S_{BET} , м ² /г	Объем пор, V_p , см ³ /г		Диаметр пор D_p , нм
		общий	микропор	
СМК-1	1245	0.78	0.40	3.4
СМК-3	1333	1.04	0.04	3.8
СМК-1_N	375	0.21	0.17	3.4
СМК-3_N	398	0.22	0.19	3.4
СМК-1_Pd	848	0.63	0.23	3.4
СМК-3_Pd	839	0.77	0.05	3.8
СМК-1_N_Pd	277	0.19	0.12	3.4
СМК-3_N_Pd	332	0.21	0.15	3.4
СМК-3_Pd_IL	575	0.53	0	4.1

Наличие палладия в синтезированных катализаторах подтверждено рентгенофлуоресцентным анализом (РФА), спектр РФА для всех образцов палладийсодержащих катализаторов содержит только характерные для палладия сигналы электронных переходов.

Спектры КР, представленные на рис. 1, дают дополнительную информацию о поверхности синтезированных углеродных материалов. Как показано, полоса D около 1300 см^{-1} и полоса G при 1590 см^{-1} характеризуют неупорядоченный углеродный пик и пик углерода графита соответственно. Для нелегированных CMK-1 и CMK-3 характерны примерно одинаковые отношения I_D/I_G (соответственно 0.68 и 0.70). Внедрение атомов азота в решетку углерода обычно сопровождается созданием дефектов. Поэтому для легированных образцов CMK-1_N и CMK-3_N наблюдается более вы-

сокое отношение I_D/I_G , что свидетельствует о менее упорядоченной структуре.

Анализ данных ТПВ для Pd-катализаторов показал, что катализаторы полностью восстанавливаются при 350°C . Поэтому эту температуру использовали для активации (восстановления) образцов перед испытанием каталитической активности. На профилях ТПВ для палладиевых катализаторов, нанесенных на CMK-3 и CMK-3_N, следует отметить наличие небольшого отрицательного пика около 80°C . Аналогичное выделение H_2 в интервале температур $50\text{--}100^\circ\text{C}$ связано с разложением образовавшегося гидрида β -палладия. Поглощение водорода происходит при температуре 150°C , что свидетельствует о том, что частицы PdO на этих катализаторах легко восстанавливаются при относительно низких температурах. Термическое разложение синтезированных Pd-содержащих катализаторов исследовали с помощью комбинированного дифференциально-термического и термогравиметрического анализа. На кривых (рис. 2) можно выделить две хорошо различимые области потери массы материалов: в интервале температур $100\text{--}120^\circ\text{C}$ и $400\text{--}600^\circ\text{C}$. Незначительная потеря массы наблюдается в интервале $100\text{--}120^\circ\text{C}$ и в основном связана с десорбцией воды с поверхности и пор носителя. Основная потеря массы наблюдалась в интервале температур $400\text{--}600^\circ\text{C}$ за счет окисления углеродного носителя (рис. 2). При температурах выше 600°C даль-

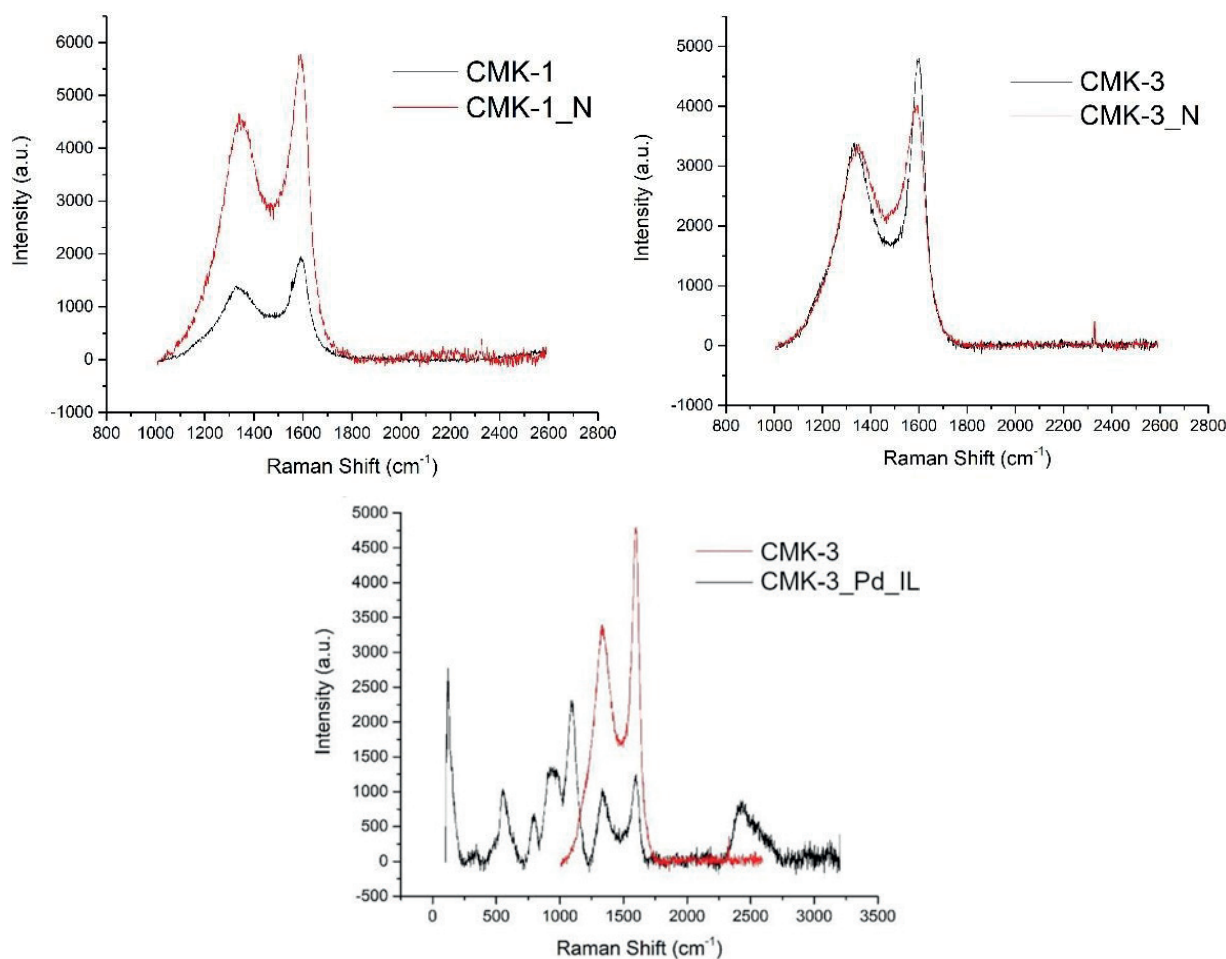


Рис. 1. Спектры КР синтезированных углеродных материалов.

нейшая потеря массы образцов не наблюдалась. Остаточная масса после анализа составила 5%.

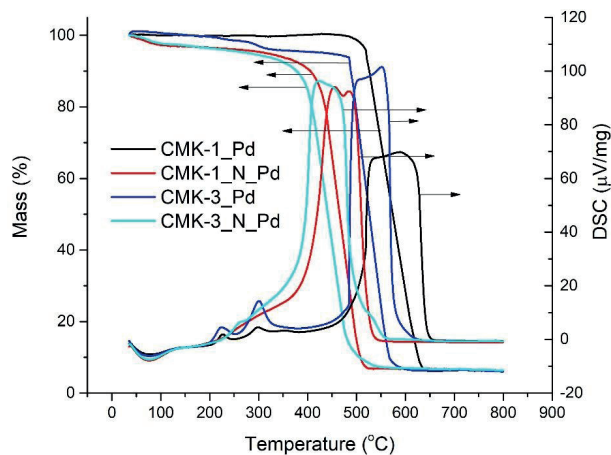


Рис. 2. Кривые комбинированного дифференциально-термического и термогравиметрического анализа Pd-содержащих катализаторов.

Электрохимический эксперимент проводили в режимах линейной и циклической вольтамперометрии.

В таблице 2 приведены некоторые характеристики реакции электровосстановления кислорода из щелочного электролита, рассчитанные на основе поляризационных кривых.

Таблица 2. Кинетические параметры РВК на катализаторе в растворе KOH (O_2 -насыщенный, 1000 об/мин)

Катализатор	$j_{\text{dif}} (-0.8 \text{ В}), \text{ мА/см}^2$	$E'_{1/2}, \text{ В}$	$E_{\text{onset}}, \text{ В}$
CMK-3_Pd	2.70	-0.20	-0.07
CMK-3_Pd_IL	2.96	-0.23	-0.08
CMK-1_Pd	1.86	-0.25	-0.12
CMK-1_N_Pd	2.12	-0.27	-0.11
CMK-3_N_Pd	2.28	-0.29	-0.11
CMK-3	1.20	-0.38	-0.23

Установлено, что текстура CMK и способ их модификации сильно влияют на скорость процесса электровосстановления кислорода. Катализатор CMK-3_Pd, характеризующийся длинными каналами сообщающихся пор (2D-гексагональная мезоструктура с морфологией взаимосвязанных стержней), обладает наибольшей активностью в исследуемом процессе по сравнению с другими синтезированными катализаторами, в частности, с катализатором CMK-1_Pd. Это может быть связано преимущественно с хорошо упорядоченной мезопористой структурой, обеспечивающей быструю диффузию кислорода из раствора в объем каталитического слоя и ускорение процесса электрохимического восстановления кислорода. Для катализатора CMK-1_Pd, характеризующегося трехмерной структурой пор (трехмерная кубическая мезоструктура), диффузия кислорода, вероятно, будет затруднена из-за низкой связанности пор. Это может быть связано с тем, что объем мезопор в CMK-3_Pd больше, чем в CMK-1_Pd, для которого также характерно

наличие микропор. По-видимому, транспорт кислорода через более крупные мезопоры катализатора CMK-3_Pd более интенсивен, что приводит к повышенной активности этого катализатора в реакции электровосстановления кислорода. Вероятно, участие микропор в транспорте кислорода в объем катализаторов типа CMK будет менее выражено. Легирование азотом не привело к существенному увеличению активности в исследуемой реакции на исследованных мезопористых углеродных катализаторах. При этом активность катализаторов CMK-1_Pd и CMK-1_N_Pd сопоставима – разница между начальными потенциалами и потенциалами полуволны составляет около 0,02 В. Диффузионный ток при потенциалах ниже -0.6 В выше для азот- катализатор CMK-1_N_Pd легированный; при потенциале -0.8 В разница значений диффузионного тока для CMK-1_Pd и CMK-1_N_Pd составляет 0.26 мА/см². Активность CMK-3_Pd значительно выше, чем у CMK-3_N_Pd – разница между начальным потенциалом и потенциалом полуволны составляет около 0.04 и 0.09В соответственно. При потенциале -0.8 В разница значений диффузионного тока для CMK-3_Pd и CMK-3_N_Pd составляет 0.42 мА/см². Таким образом, легирование этих материалов азотом при пиролизе полианилина приводит к блокированию пор и нарушению транспорта адсорбированного кислорода в объем катализаторов. Это приводит к снижению активности катализаторов, легированных азотом, в РВК из щелочного электролита. Это более характерно для катализатора типа CMK-3. На рис. 3 представлена зависимость числа (n) переданных в реакции электронов от величины потенциала с использованием синтезированных катализаторов.

Показано, что на катализаторах CMK-3_Pd и CMK-3_Pd_IL (с ионной жидкостью) электровосстановление кислорода при потенциале -0.8В характеризуется числом перенесенных

электронов около 3.5. Это указывает на низкий выход побочного продукта в виде иона HO_2^- и преимущественное образование воды в процессе реакции электровосстановления кислорода. При смещении потенциала в более положительную область число электронов, участвующих в реакции, уменьшается до 3, а вероятность образования HO возрастает. Для других исследованных катализаторов, в частности допированных азотом, механизм близок к 2-электронному процессу при всех исследованных потенциалах, поэтому процесс восстановления кислорода на них будет осуществляться через промежуточное образование пероксида водорода. Показано, что на катализаторах CMK-3-Pd и CMK-3-Pd-IL предельный ток при -0.8 В и 3000 об/мин достигает 4.4 и 4.7 mA/cm^2 соответственно. Вид цикловольтамперограмм свидетельствует о существенном влиянии текстуры и способа модификации CMK на значения удельной электрохимически активной поверхности.

Установлено, что легирование CMK-1-Pd азотом приводит к увеличению активной электрохимической поверхности. Для CMK-3-Pd , наоборот, наблюдается уменьшение размера активной поверхности при легировании азотом. Модифицированная ионной жидкостью электрохимическая поверхность также несколько уменьшается. Можно предположить, что активность материалов на основе CMK в реакции электровосстановления кислорода из щелочного электролита будет зависеть не только от количества активных центров на поверхности, но и от текстурных характеристик материалов. На *рис. 5* представлены вольтамперограммы для наиболее эффективных катализаторов в данном исследовании и промышленного платинового катализатора с массовым содержанием платины 20%.

Массовая активность катализаторов CMK-3-Pd и CMK-3-Pd-IL в диффузионной области при потен-

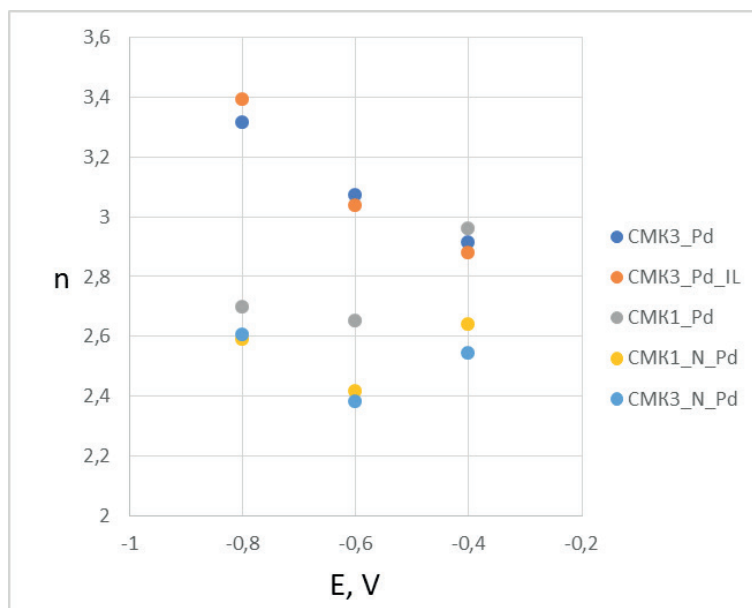


Рис. 3. Расчетное число электронов, переданных в реакции, от величины потенциала.

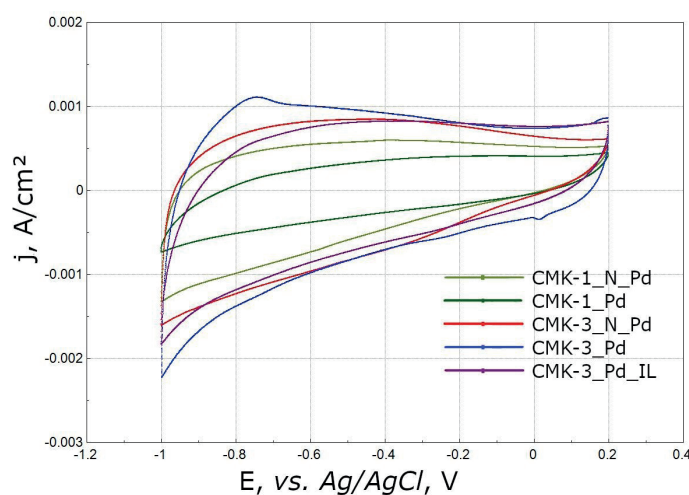


Рис. 4. Циклическая вольтамперограмма (ЦВА) на электроде с различными катализаторами в деаэрированном 0.1 М растворе KOH : скорость развертки потенциала $50 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$.

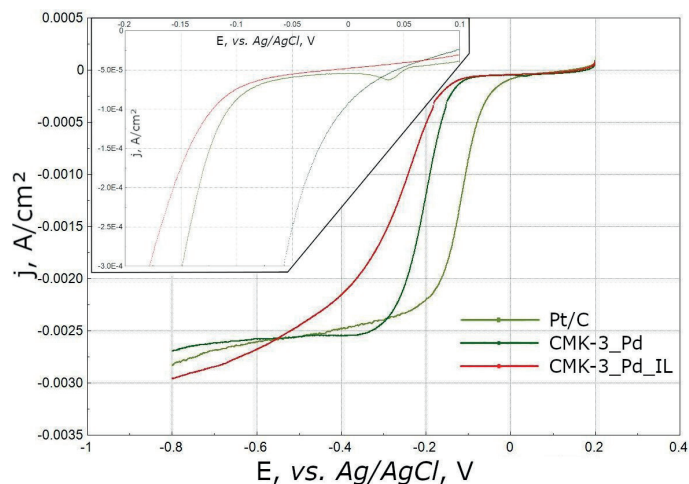


Рис. 5. Вольтамперограммы наиболее активных катализаторов на основе CMK и промышленного платинового катализатора: скорость развертки потенциала $5 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$, скорость вращения электрода 1000 об/мин, загрузка катализатора $80 \text{ мкг} \cdot \text{см}^{-2}$.

циале (-0.8 В) значительно выше, чем у коммерческих Pt/C. В кинетической области при потенциале (-0.05 В) массовая активность выше у платинового катализатора, но значения сопоставимы. Вероятно, это связано с высокой дисперсностью палладия на мезопористой матрице СМК-3 и СМК-3, модифицированных ионной жидкостью. Удельная активность в кинетической области платинового катализатора существенно выше по сравнению с синтезированными палладиевыми катализаторами на основе СМК, что связано с

высоким содержанием платины (20 масс.%) в Pt/C катализаторе. В диффузионной области эти величины сравнимы. Таким образом, синтезированные катализаторы на основе СМК-3 могут быть в дальнейшем испытаны в качестве катодного электрода в щелочных топливных элементах. Для повышения активности

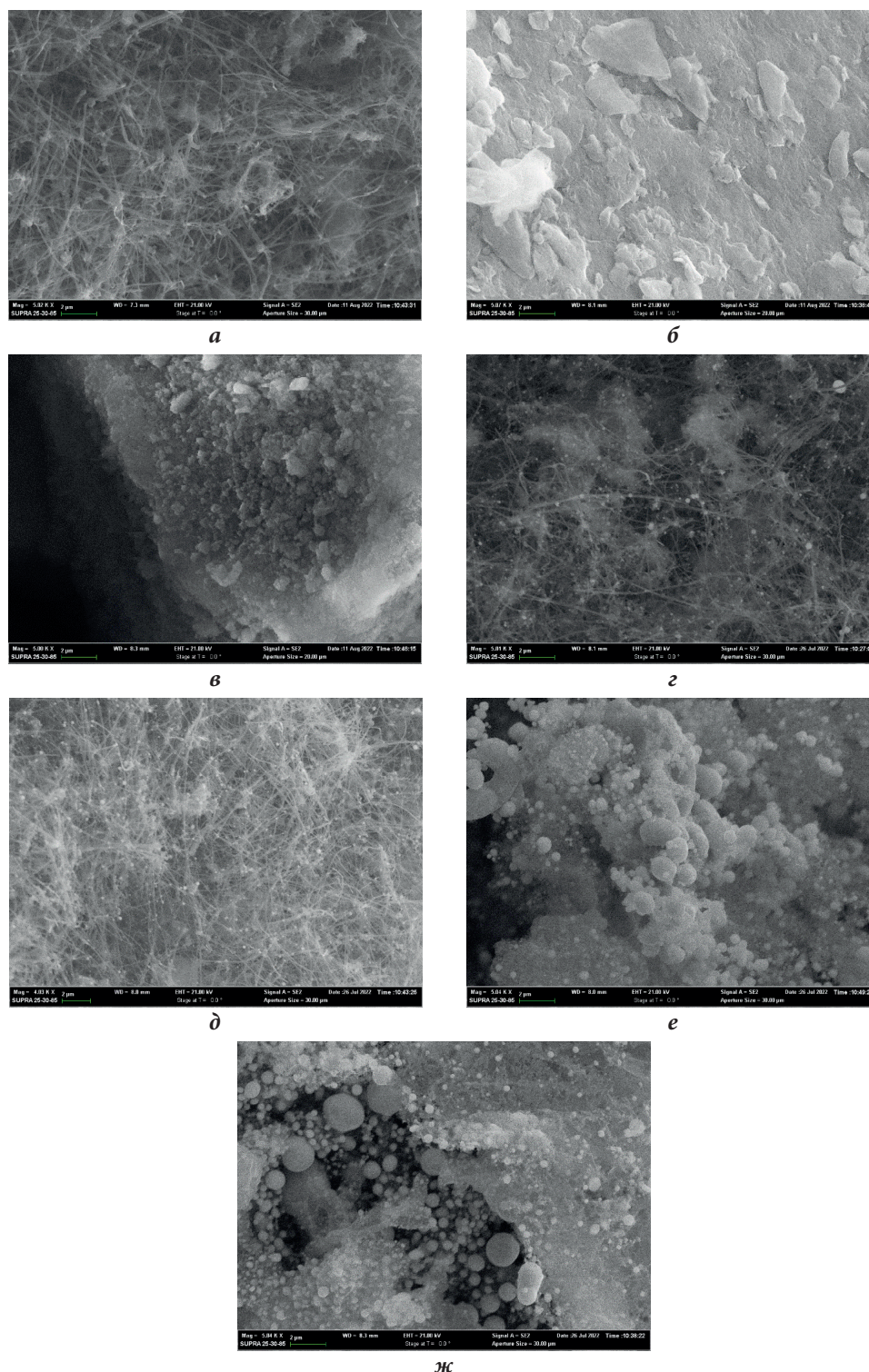


Рис. 6. СЭМ-фотографии: а – MWCNT (увеличение 5000 раз); б – GO; в – UDD; г – MWCNT_CoPd_Pd (увеличение 5000 раз); д – MWCNT_CoPd_Pd (увеличение 4000 раз); е – UDD_CoPd_Pd (увеличение 5000 раз); ж – GO_CoPd_Pd (увеличение 5000 раз).

потребуется большая загрузка палладия, а также некоторая модификация поверхности СМК-3, в частности, функционализация ионными жидкостями. Electrochemistry [35]. катализаторы РВК на многослойных углеродных нанотрубках (MWCNT), оксиде графена (GO), ультрадисперсных алмазах (UDD) Исследованы в качестве носителей катализаторов РВК другие углеродные материалы: многослойные углеродные нанотрубки (MWCNT), оксид графена (GO), ультрадисперсные алмазы (UDD). На их основе получены биметаллические катализаторы, при функционализации фталоцианинами металлов (меди и кобальта) и модифицированные небольшим количеством палладия. Морфологию образцов изучали с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Фотографии синтезированных образцов представлены на рис. 6.

MWCNT имеют структуру переплетающихся нанотрубок, на которых локализованы частицы металла. Видно, что металлические частицы имеют сферическую структуру и равномерно распределены в объеме нанотрубок; средний размер большинства частиц не превышает 100–150 нм. Катализаторы на основе UDD и GO имеют аморфную структуру в виде конгломератов неправильной формы. Металлы на UDD и GO об-

разуют достаточно крупные частицы и неравномерно распределяются по поверхности носителя. Для качественной идентификации и количественного определения металлов использовали соответственно рентгенофлуоресцентный анализ и термогравиметрический анализ. Спектры рентгенофлуоресценции содержат только сигналы, характерные для металлов меди, кобальта и палладия во всех исследованных образцах. Термогравиметрический анализ показывает общее содержание металлов в катализаторах около 20%. Это согласуется с расчетными количествами в процессе синтеза этих катализаторов. Для остальных катализаторов содержание подтверждено гравиметрическим методом после сжигания в кислороде. Электрохимический эксперимент проводили в режимах линейной и циклической вольтамперометрии. Установлено, что неметаллические модифицированные углеродные материалы в целом характеризуются низкой эффективностью в реакции электровосстановления кислорода. Оксид графена является наименее активной углеродной матрицей. Углеродные нанотрубки и ультрадисперсные алмазы характеризуются двумя ярко выраженными волнами процесса электровосстановления кислорода. Кроме того, медные катализаторы на всех используемых подложках также характеризуются двумя ярко выраженными волнами на поляризационных кривых и значительно уступают по эффективности кобальтсодержащим катализаторам. Две волны на поляризационной кривой могут быть связаны со ступенчатым механизмом электровосстановления кислорода из щелочного электролита. Первая стадия характеризуется двухэлектронным процессом образования ионов HO_2 с последующим образованием воды. Монометаллические и биметаллические кобальтовые катализаторы на основе MWCNT характеризуются ярко выраженным одним плато на поляризационной кривой и четырехэлектронным механизмом электровосстановления кислорода из щелочного электролита. Кроме того, на основе поляризационных кривых (табл. 3) рассчитаны некоторые термодинамические

Таблица 3. Кинетические и термодинамические параметры РВК на исследуемых катализаторах в растворе KOH (O_2 -насыщенный, 1500 об/мин)

Катализатор	$j_{\text{dif}} (-0.75 \text{ В}), \text{ мА/см}^2$	$E_{1/2}, \text{ В}$	$E_{\text{onset}}, \text{ В}$	$j_{\text{кин}} (-0.05 \text{ В}), \text{ мА/см}^2$
Pt/C	3.41	-0.128	-0.053	0.2160
GO_CuPc_Pd	1.84	-0.321	-0.163	0.0168
GO_CoPc_Pd	2.64	-0.229	-0.116	0.0245
MWCNT_CoPc_Pd	3.33	-0.190	-0.109	0.0302
MWCNT_CuPc_Pd	2.20	-0.261	-0.139	0.0235
UDD_CoPc_Pd	3.04	-0.204	-0.127	0.0265
GO	_*	_*	_*	_*
MWCNT	1.52	-0.361	-0.247	0.0133
MWCNT_CuPc	2.76	-0.343	-0.165	0.0267
MWCNT_CoPc	3.45	-0.215	-0.116	0.0278
UDD	1.33	-0.370	-0.227	0.0049

* Данные не приведены в связи с низкой активностью катализатора и низкой строгостью параметров.

и кинетические характеристики реакции электровосстановления кислорода из щелочного электролита.

Анализируя табл. 3, можно сделать предположение, что легирование углеродных материалов фталоцианинами металлов и палладием значительно увеличивает плотность тока как в диффузионной, так и в кинетической областях.

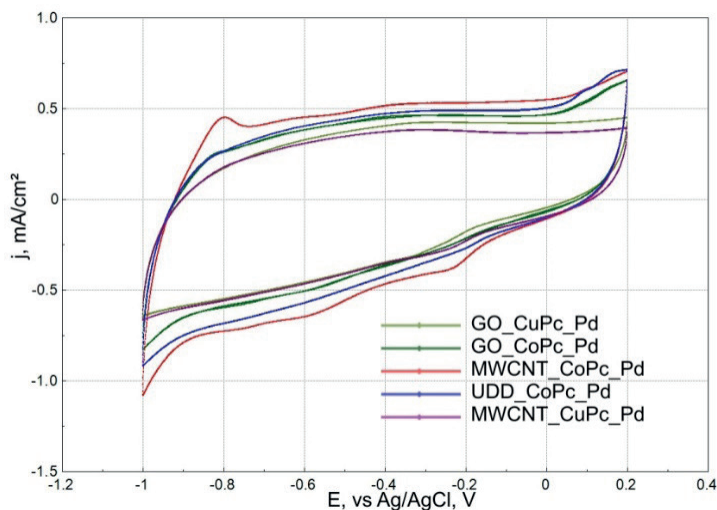
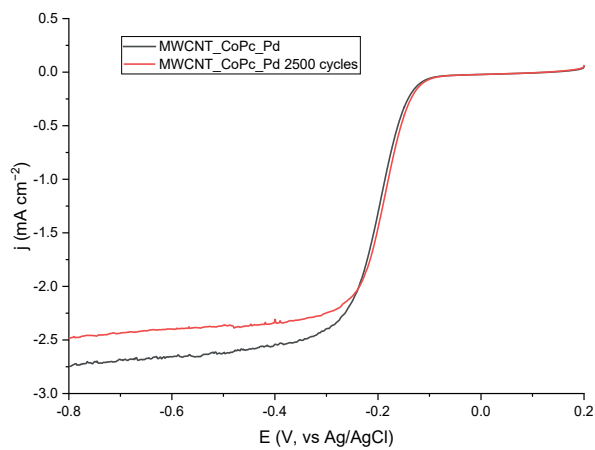
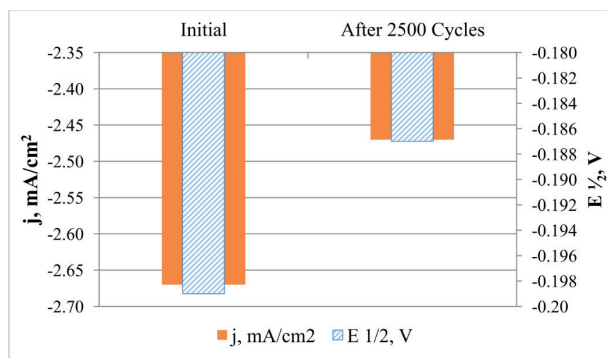


Рис. 7. Циклическая вольтамперограмма (ЦВА) на электроде с различными катализаторами в деаэрированном 0.1 М растворе KOH: скорость развертки потенциала 50 мВ·с⁻¹.



а



б

Рис. 8. Испытание на коррозионную стойкость катализатора MWCNT_CoPc_Pd: а — ЛВА до и после 2500 циклов; б — сравнительная диаграмма плотности диффузионного тока (-0.80 В) до и после 2500 циклов.

Характеристики $E_{1/2}$ и E_{onset} также значительно сдвинуты в более положительную область. Монометаллический катализатор MWCNT_CoPc характеризуется сравнимыми плотностями тока с биметаллическим катализатором MWCNT_CoPc_Pd, но имеет более отрицательные характеристики $E_{1/2}$ и E_{onset} ; разница между этими значениями на этих катализаторах составляет 0.025 и 0.007 В соответственно. Медьсодержащий катализатор MWCNT_CuPc характеризуется гораздо более низкими плотностями тока по сравнению с кобальтсодержащим катализатором MWCNT_CoPc; разница плотностей тока j_{dif} для этих катализаторов составляет 0.69 мА/см². Значения $E_{1/2}$ и E_{onset} для MWCNT_CuPc гораздо более отрицательны, чем для MWCNT_CoPc. Дополнительная модификация медьсодержащего катализатора палладием приводит к смещению значений $E_{1/2}$ и E_{onset} в более положительную область и к повышению эффективности процесса электровосстановления кислорода. На рис. 7 представлены циклические вольтамперограммы в атмосфере азота для синтезированных биметаллических катализаторов на различных углеродных подложках.

Некоторые циклические вольтамперограммы характеризуются двумя пиками в области катода около -0.230 В и -0.600 мВ. Пик с потенциалом -0.230 мВ, вероятно, характеризует процесс восстановления PdO и характеризует доступность палладия в процессе электровосстановления кислорода из щелочного электролита. Наиболее активный катализатор MWCNT_CoPc_Pd характеризуется ярко выраженным пиком при -0.230 В. Наименее эффективные катализаторы GO_CuPc_Pd и UDD_CoPc_Pd такого пика практически не имеют. По-видимому, доступность палладия и его фазовый состав зависят от природы металла в структуре фталоцианина и углеродного материала. На кобальтовых катализаторах с MWCNT и GO наблюдается сигнал при потенциале

-0.6 В. Этот сигнал не отслеживается на UDD. Идентифицировать этот сигнал на данном этапе затруднительно и требует дальнейших исследований. Наиболее активный катализатор MWCNT_CoPd_Pd был испытан на коррозионную стойкость при циклировании (2500 циклов в атмосфере кислорода). После циклирования снимали линейную вольтамперограмму и рассчитывали диффузионный ток при потенциале -0.80 В (рис. 8).

После 2500 циклов работы катализатора в атмосфере кислорода плотность тока в диффузионной области для катализатора MWCNT_CoPd_Pd снижается на 7%, что свидетельствует о высокой коррозионной стойкости материала в исследуемом процессе. Также было обнаружено, что начальный потенциал и потенциал полуволны увеличены. Незначительное увеличение потенциала полуволны (~0.01 В) может быть связано с эффектом самоактивации катализатора, связанного с вымыванием одного из компонентов катализатора, что приводит к появлению на поверхности другого компонента. Также может образовываться кобальт-палладиевый интермедиат такого фазового состава, позволяющий ускорить реакцию электровосстановления кислорода из щелочного электролита.

Результаты исследований опубликованы в журнале Catalysts [36].

Испытания синтезированных катализаторов, показавших лучшие каталитические свойства в РВК в электрохимической ячейке

Испытания катализатора СМК-3_Pd, содержащем 7% Pd в электрохимической ячейке и CoPd/УНТ (10% Co и 10%Pd) в 0.1М КОН. Сравнение каталитических свойств этих катализаторов в РВК с платиновым коммерческим катализатором.

На рис. 9 приведены поляризационные кривые для катализаторов РВК: коммерческого платинового, содержащего 40% Pt, платинового, нанесенного на УНТ в количестве 10% (10Pt/УНТ), и СМК-3_Pd.

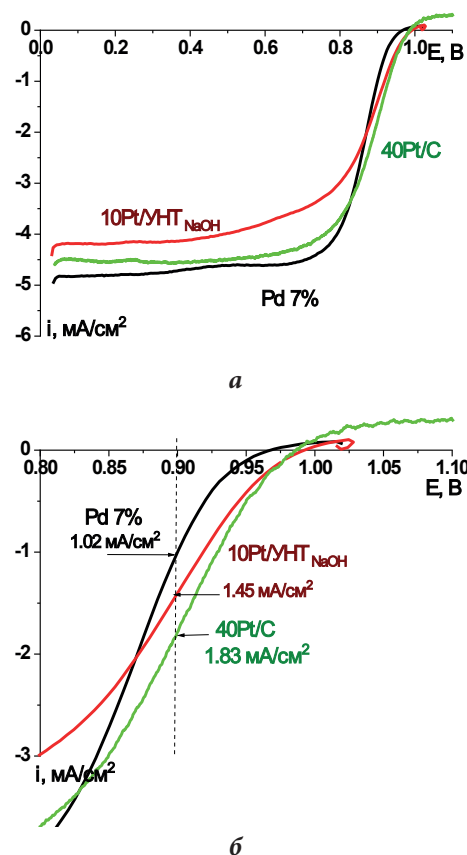


Рис. 9. Сравнение поляризационных кривых в РВК на платиновом коммерческом катализаторе, содержащем 40% Pt и синтезированных нашими катализаторами 10Pt/УНТ и СМК-3_Pd; (а) в широкой области потенциалов и (б) в кинетической области.

Из рис. 9(а) нетрудно видеть, что катализатор СМК-3_Pd сопоставим по каталитическим свойствам с коммерческим катализатором, содержащим 40% Pt, в кинетической области немного уступает ему.

Для определения коррозионной устойчивости катализатора СМК-3_Pd в РВК снимали циклические вольтамперограммы (ЦВА). Измерения проводили в атмосфере аргона (Ar), 50 мВ/с, 150 мкг/см², 0.1М КОН.

Как видно, обе кривые совпадают до и после измерений поляризационных кривых, что свидетельствует об отсутствии деградации катализатора в этих условиях.

Проведены испытания катализатора СМК-3_Pd в составе катода топливного щелочного элемента (ЩТЭ). Наиболее высокие результаты были получены при степени сжатия катода <10% и содержании катализатора 0.07 мгPd/см². Величина максимальной плотности мощности составила 67 мВт/см² (рис.11).

Испытания катализатора (СМК-3_Pd), модифицированного 7% Pd, в электрохимической ячейке показали, что он по эффективности в РВК сопоставим с коммерческим платиновым катализатором, содержащим 40% Pt, и обладает высокой коррозионной устойчивостью.

Исследование катализаторов РВК с минимальным содержанием платины

Платина на углеродных носителях является наиболее эффективным и распространенным катализатором анод-

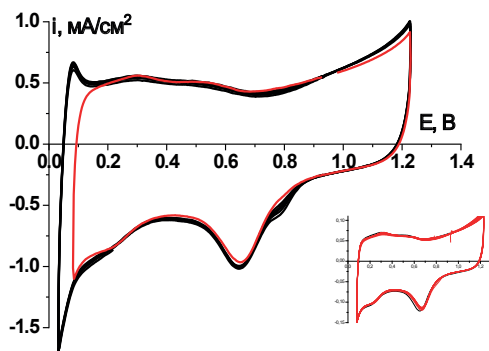


Рис. 10. ЦВА, полученные до и после измерений поляризационных кривых в РВК на катализаторе CMK-3_Pd.

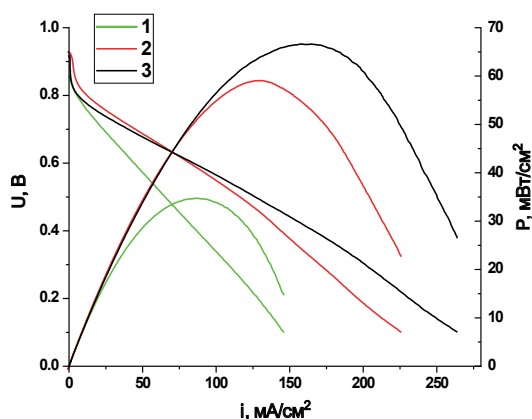


Рис. 11. Вольтамперные кривые и зависимость плотности мощности от плотности тока для МЭБ ШТЭ с катодами на основе катализатора 7% Pd/CMK-3: 1 – 0.4 мг_{Pd}/см² (степень сжатия катода 20%); 2 – 0.4 мг_{Pd}/см² (степень сжатия катода <10%); 3 – 0.07 мг_{Pd}/см² (степень сжатия катода <10%). В качестве анодного катализатора во всех случаях использовался PtMo/УНТ (0.4 мг_{Pt}/см²). 40°C, RH=100%, ГДС 39 ВВ, I/C=1/1.

ного и катодного процессов в водородно-воздушных ТЭ в широком диапазоне рН. Однако высокая стоимость и низкая стабильность моноплатиновых систем в условиях работы ТЭ стимулируют проведение многочисленных исследований, направленных на снижение содержания платины и уменьшение деградации металла и носителя, при сохранении эффективности в течение длительного времени эксплуатации. Предложено несколько механизмов деградации катализаторов Pt/C. Во-первых, это разрушение углеродного носителя, которое непосредственно инициирует осыпание наночастиц Pt. Во-вторых, это растворение мелких частиц Pt при высоких потенциалах электрода. В-третьих, это рост частиц Pt вследствие агломерации и созревания по Оствальду. Данный механизм снижения электрохимически активной поверхности включает повторное осаждение частиц Pt на более крупные частицы и агломерацию наночастиц Pt посредством миграции на поверхности углеродного носителя.

Разработка материала носителя является одной из первоочередных задач, стоящих на пути коммерциализации ТЭ, так как они в значительной степени влияют на стоимость и ресурс работы катализатора, а значит, и всей системы в целом. К материалам, носителям предъявляются жесткие тре-

бования, такие как: наличие мезопористой структуры, которая обеспечивает транспорт реагентов, стабильность в щелочных и кислых средах в условиях работы ТЭ, электронная проводимость, прочная связь между наночастицами металла и материалом носителя, которая повышает стабильность катализатора. Тип носителя и состав его поверхности влияют на такие параметры катализатора, как дисперсность металлических наночастиц и снижение степени их агрегации. Исследования носителей, в основном, сосредоточены на углеродных материалах, благодаря ряду химических, механических и структурных свойств, которые делают их перспективными носителями по сравнению с неуглеродными материалами. Углеродные нанотрубки (УНТ) представляют значительный интерес для использования в электрокатализе, так как они отвечают основным предъявляемым требованиям. Кроме того, существует возможность целенаправленно изменять их электронную структуру посредством модификации поверхности различными гетероатомами. Так, при допировании азотом, значительная разница в электроотрицательности между N (3.0) и C (2.55) вызывает смещение электронной плотности от атомов C к соседним атомам N, а наличие неподеленной пары электронов на атоме N способствует повышению электронодонорной способности УНТ. Такое изменение электронной плотности на атомах C, соседних с N, обеспечивает хемосорбцию O₂ в ориентации, благоприятной для ослабления (разрыва) связи O–O.

Исследовано влияние массового содержания платины в каталитической системе и предварительной обработки носителя, обеспечивающей закрепление на поверхности наночастиц металла, на реакцию восстановления кислорода. Масса катализатора в количестве 100 мкг/см², которую наносили на поверхность дискового электрода из каталитических «чернил», для всех исследованных катализаторов была постоянной, а массовое

содержание платины на электроде зависело от исследуемого катализатора, т.е. массового содержания платины в исследуемой системе (массовое содержание платины составляло от 10 до 60% Pt). Электрохимические характеристики дисперсных катализаторов исследованы в модельных условиях. Для оценки влияния состава поверхности носителя на свойства платиновых катализаторов в качестве носителей выбраны два типа УНТ – функционализированные в щелочи и функционализированные с последующим допированием азотом. Функционализация раствором NaOH приводит к мягкому окислению поверхности, в результате чего образуется один тип кислородсодержащих групп – гидроксильные (табл. 4). В результате последующего допирования азотом на поверхности УНТ наблюдаются пиридиновые и пиррольные формы азота (табл. 4).

Таблица 4. Состав поверхности и пористая структура носителей и катализаторов с содержанием 20 масс. % Pt

Материал	Элемент/ ат. %	$V_{\text{пор}}^{\text{г}}$ см ³ /г	$D_{\text{пор}}^{\text{нм}}$
УНТ _{NaOH}	O/2.18	1.21	21.5
УНТ _{NaOH+N}	O/10.08 N/1.15	0.86	14.25
20 Pt/УНТ _{NaOH}	O/2.8 Pt ⁰ /1.21 PtO / 0.78 PtO ₂ / 0.18	1.18	21.3
20 Pt/УНТ _{NaOH+N}	O/2.97 N/1.58 Pt ⁰ / 1.6 Pt(OH) ₂ / 0.74 PtO / 0.33 PtO ₂ / 0.24	0.73	14.3

Согласно данным РФЭС (рис. 12 в, г, д; табл. 3), при использовании в качестве носителя УНТ_{NaOH+N} при одинаковом массовом содержании платины на поверхности катализатора наблюдается больше платины, которая в основном находится в металлическом состоянии – Pt⁰ (71.3 эВ).

Полиольный метод синтеза является одним из наиболее распространенных и простых методов, используемых для синтеза электрокатализатора на основе Pt. Данный метод

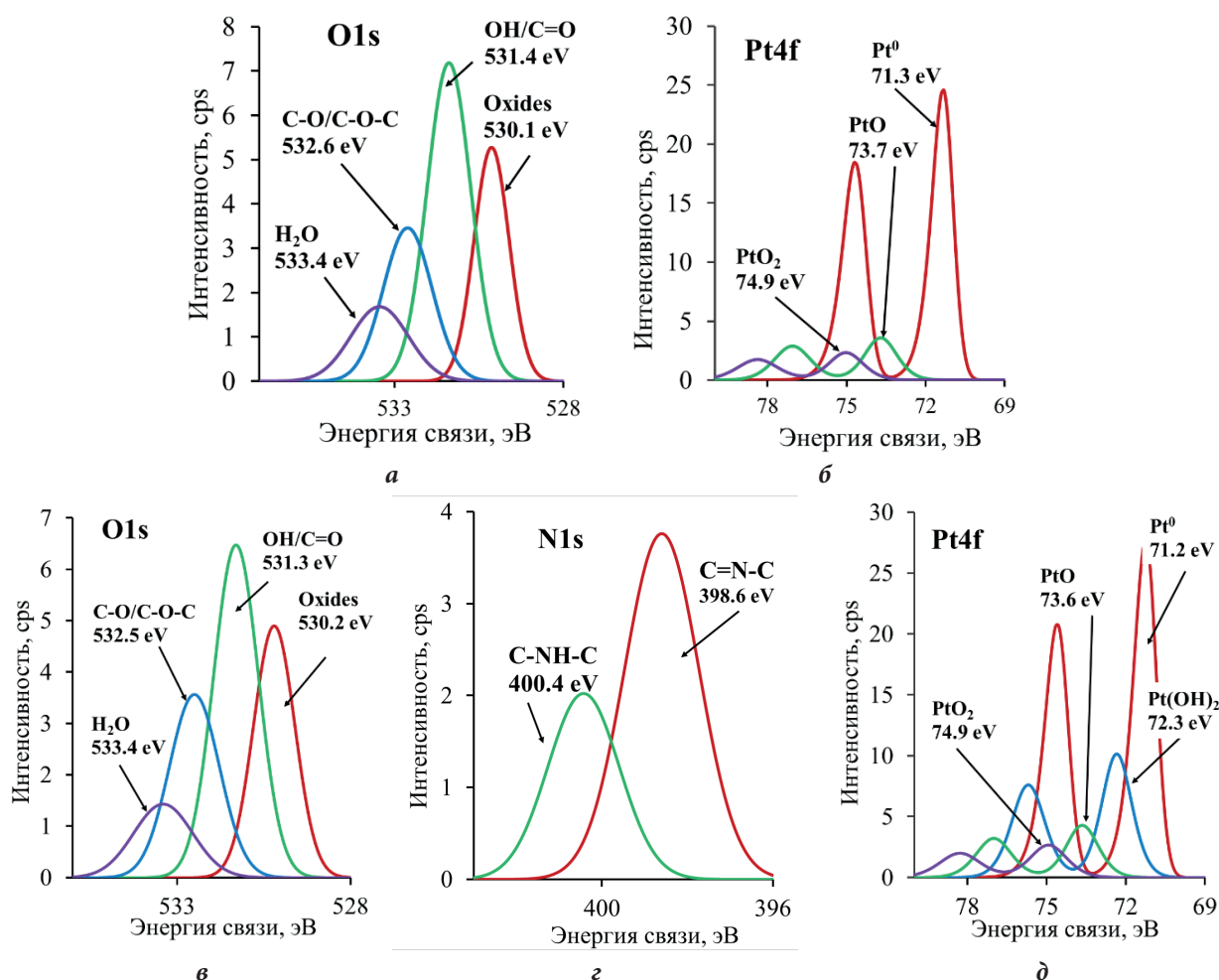


Рис. 12. РФЭС спектры O1s (а) и Pt4f (б) на Pt/УНТ_{NaOH} и O1s (в), N1s (г) и Pt4f (д) на 20Pt/УНТ_{NaOH+N}

позволяет сохранить мезопористую структуру носителей (объем ($V_{\text{пор}}$) и диаметр ($D_{\text{пор}}$) пор (табл. 3)), которая обеспечивает высокую удельную площадь поверхности и эффективную диффузию реагентов к каталитическим центрам. На исследуемых УНТ увеличение тока окисления пероксида водорода происходит пропорционально току восстановления кислорода, т.е. наблюдаемый процесс протекает с образованием HO_2 по двухэлектронному пути. На УНТ $_{\text{NaOH}+\text{N}}$ наблюдается смещение потенциала полуволны ($E_{1/2}$) в положительную сторону на 0.17 В по сравнению с УНТ $_{\text{NaOH}}$. При этом число электронов, участвующих в реакции, составляет 3.2, а процент образовавшейся перекиси снижается в 2 раза (табл. 5). Таким образом, на УНТ $_{\text{NaOH}+\text{N}}$ увеличивается вклад четырехэлектронного процесса восстановления кислорода.

Исследование стабильности УНТ, подвергнутых обработке в NaOH и допированию азотом (табл. 4), показало, что снижение $S_{\text{ЭАП}}$ после 1000 циклов не превышает 3%.

Использование допированных УНТ позволяет синтезировать катализаторы с различным массовым содержанием Pt. Это связано с тем, что допирование азотом приводит к образованию большого числа активных центров, по которым происходит формирование частиц Pt. Таким образом, при одинаковом массовом содержании Pt большое число активных центров на поверхности УНТ $_{\text{NaOH}+\text{N}}$ позволяет синтезировать большее число частиц Pt с меньшими размерами, это приводит к росту поверхности Pt (табл. 5).

При содержании 60 масс. % удельная поверхность Pt снижается за счет укрупнения частиц Pt. Т.е. зарождение новых частиц не происходит, так как недостаточно активных центров,

Таблица 5. Характеристики поверхности ($S_{\text{уд}}$, $\text{м}^2/\text{г}$, измеренная по октану/воде), заряд поверхности (в виде $1/2Q$, Кл/г, определенный по ЦВА) и электрохимические параметры носителей

Материал	$S_{\text{уд}}$, $\text{м}^2/\text{г}$ октан/вода	$1/2Q$, Кл/г исходная	$E_{1/2}$, В	n	% HO_2^-	$1/2Q$, Кл/г после 1000 циклов
УНТ $_{\text{NaOH}}$	333.5/49.2	21.5	0.64	1.7	81.2	20.8
УНТ $_{\text{NaOH}+\text{N}}$	268.8/154.2	60	0.81	3.2	42	58.1

Таблица 6. Величина поверхности Pt/УНТ катализаторов до и после коррозионного тестирования

Катализатор	масс. % Pt	S_{Pt} на электроде, см^2	$S_{\text{уд}}$, $\text{м}^2/\text{г}$	$S_{\text{уд}}$, $\text{м}^2/\text{г}$ после 500 циклов	$S_{\text{уд}}$, $\text{м}^2/\text{г}$ после 1000 циклов
Pt/УНТ $_{\text{NaOH}}$	10	1.0	52.2	31.8	19.3
	20	2.3	58.7	36.4	22
	40	4.6	57.3	58.0	25.7
	60	5.4	45	32.1	23.4
Pt/УНТ $_{\text{NaOH}+\text{N}}$	10	1.6	80	52.8	34.4
	20	3.3	81.9	51.6	36.8
	40	6.3	78.6	57.8	41.6
	60	7.0	58.5	40.2	33.9

а осаждение платины происходит на имеющихся частицах.

Поверхность Pt возрастает с увеличением массового содержания Pt. Если предположить, что величина поверхности одного типа носителя постоянна для ряда катализаторов, то при увеличении масс. % Pt отношение поверхности носителя к поверхности Pt на электроде падает, то есть уменьшается доля поверхности, свободной от платины.

Важнейшей характеристикой электрокатализаторов является их стабильность. В табл. 6 представлены данные относительного снижения S_{Pt} в процессе циклирования для Pt/УНТ $_{\text{NaOH}}$ и Pt/УНТ $_{\text{NaOH}+\text{N}}$ с различным массовым содержанием Pt. По полученным результатам можно сделать вывод, что на стабильность оказывают влияние несколько факторов: во-первых, это поверхность носителя, азот в составе поверхности увеличивает прочность связи металла с носителем за счет изменения электронной структуры УНТ. Таким образом, катализаторы на допированных УНТ проявляют более высокую стабильность по сравнению с катализаторами на УНТ $_{\text{NaOH}}$. Во-вторых, размер частиц платины. Видно, что при большем содержании платины, где частички крупнее, деградация ее поверхности происходит медленнее.

Согласно полученным данным (табл. 6), наибольшая скорость деградации платины наблюдается в течение первых 500 циклов, когда происходит растворение и переосаждение мелких наночастиц Pt. Другими словами, прежде всего растворяются мелкие частицы Pt, которые могут осаждаться на более крупных за счет разницы в поверхностной свободной энергии. Более крупные частицы менее подвержены деградации, в результате чего снижение поверхности Pt замедляется.

Для дальнейших исследований влияния массы платины на электрокаталитические характеристики была выбрана система на допированных УНТ. Для катализаторов с со-

держанием 10, 20, 40 и 60 масс. % Pt, синтезированных на УНТ_{NaOH+N}, были записаны поляризационные кривые при различных скоростях вращения электрода. Основные различия для исследуемых катализаторов состоят в величине токов окисления пероксида водорода на кольцевом электроде. В ряду увеличения масс. % Pt величина токов на кольцевом электроде снижается, как и выход пероксида водорода. Видно, что с увеличением поляризации снижается число электронов, участвующих в реакции, и возрастает выход пероксида водорода. Это указывает на то, что при потенциалах ниже 0.7В суммарный ток восстановления кислорода включает ток 2х-электронного восстановления O₂ на поверхности носителя, свободной от платины. При этом отношение констант k_1/k_2 (восстановление непосредственно до воды (4 электрона)/ через промежуточное образование пероксида водорода (2 электрона)) с увеличением поляризации снижается, а с увеличением содержания платины увеличивается.

Таким образом, по совокупности результатов настоящего исследования катализаторы с 60 и 40 масс.% Pt/УНТ_{NaOH+N} являются наиболее перспективными для щелочных топливных элементов. Однако, с целью уменьшения стоимости катодных электрокатализаторов, дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку методов модификации углеродных материалов, в том числе, увеличение степени допирования азотом УНТ, что позволит значительно увеличить долю прямой реакции электровосстановления кислорода до воды.

Результаты исследований опубликованы в Russian Journal of Electrochemistry [37].

Электрокатализаторы, эффективные в реакции окисления водорода

В отличие от реакции восстановления кислорода, созданию неплатиновых каталитических систем для реакции окисления водорода по-

священо ограниченное количество работ. При этом даже на платиновых катализаторах при переходе от кислотных к щелочным электролитам скорость окисления водорода (РОВ) снижается. Среди неплатиновых катализаторов относительно высокие характеристики в РОВ получены главным образом на других металлах платиновой группы (Pd, Rh, Ir), хотя все они, как правило, уступают по активности Pt. Поскольку использование этих металлов практически не дает преимущества в стоимости катализатора по сравнению с платиной, перспективным направлением развития электрокатализа РОВ представляется поиск подходов к снижению содержания платины в составе анодного активного слоя. В случае водородно-воздушных ТЭ с протонпроводящими электролитами типа Nafion содержание платины в составе АС анода может быть снижено вплоть до ~ 0.01 мг/см² при сохранении высоких вольтамперных характеристик. С точки зрения развития исследований в области неплатиновых катализаторов для РОВ можно отметить работу, в которой была показана высокая активность катализатора Ni_{5.2}WCu_{2.2} в щелочной среде, хотя и без проверки его характеристик в составе МЭБ. В литературе известны синтезированные анодные катализаторы на основе палладия, модифицированного соединениями никеля и церия. Роль модифицирующих компонентов, по мнению авторов, заключается в формировании участков для накопления кислородсодержащих адсорбатов (ОН_{адс}), участвующих в окислении частиц Н_{адс}, образующихся в процессе диссоциативной хемосорбции водорода на палладии. Благодаря этому повышается эффективность использования Pd.

В настоящей работе исследован биметаллический катализатор PtMo/УНТ_{NaOH}, включая его испытания в модельных условиях и в составе МЭБ щелочного водородно-кислородного ТЭ. Для катализаторов РВК проведены исследования по определению влияния метода обработки УНТ на их активность и стабильность. При испытаниях анодных катализаторов было рассмотрено влияние массового содержания платины в катализаторе на характеристики в модельных условиях и в составе МЭБ ТЭ.

В щелочном электролите окисление водорода наиболее эффективно протекает на платиносодержащих катализаторах. При этом активно продолжается поиск катализаторов окисления водорода, не содержащих платину. Как следует из рис. 13, активность каталитических систем RuV и RuNi значительно уступает платиносодержащим, а при потенциалах положительнее 0.2 В наблюдается снижение токов окисления водорода, что, вероятно, связано с окислением поверхности Ru и подавлением адсорбции водорода на ней.

Среди Pt-содержащих катализаторов PtMo/УНТ_{NaOH} с содержанием Pt 12 масс. % демонстрирует более высокую активность, чем 40% Pt/УНТ_{NaOH}. Кроме того, для катализатора с равным мольным соотношением металлов наблюдается практически полное покрытие углеродной подложки (рис. 14), и частицы углеродного носителя характеризуются меньшими размерами. В дальнейших исследованиях использовали катализатор PtMo/УНТ при соотношении металлов, равном 1:1.

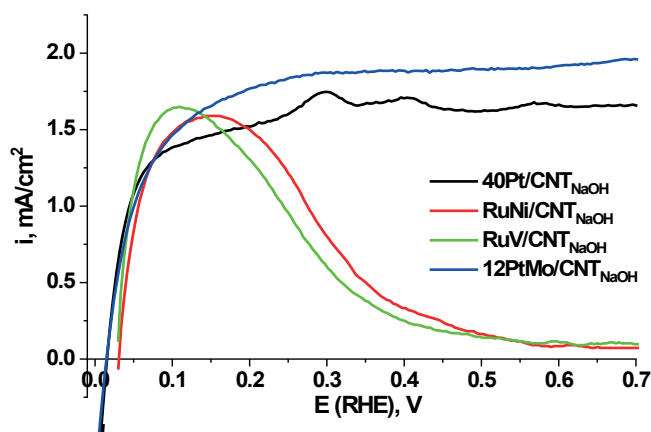


Рис. 13. Поляризационные кривые окисления водорода в 0.1M KOH. 0.005 В/с; 1500 об/мин; $m_{кат.} = 0.15 \text{ мг/см}^2$.

На рис. 15 приведены поляризационные кривые окисления водорода, из которых видно, что катализатор с содержанием Pt 12 масс.% характеризуется наибольшей активностью. Зависимость величины предельного тока от скорости вращения электрода является прямолинейной, это свидетельствует о том, что наблюдаемый ток является диффузионным. Ускоренное коррозионное тестирование показало, что катализатор 12PtMo/УНТ_{NaOH} проявляет лучшую стабильность в условиях

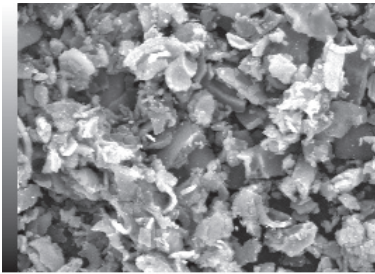
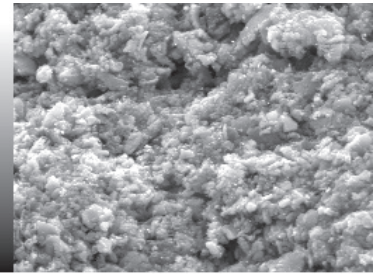
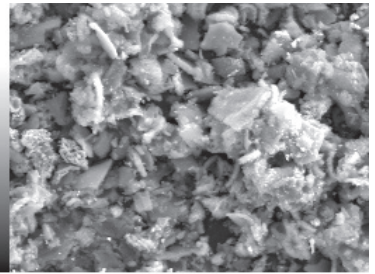
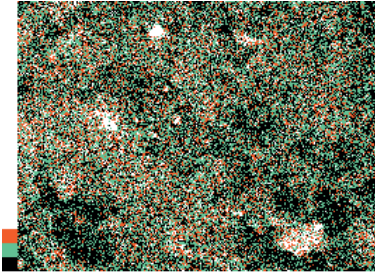
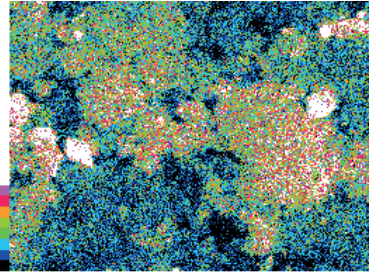
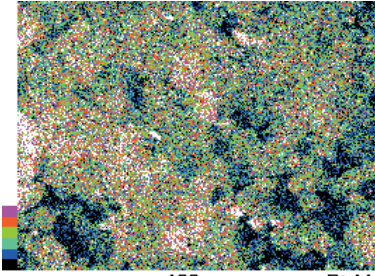
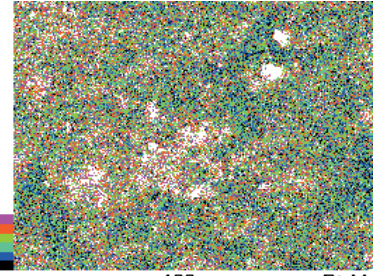
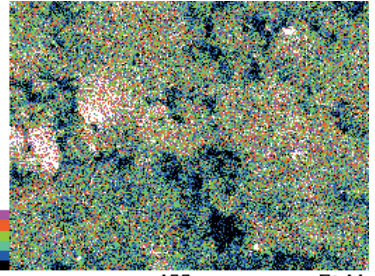
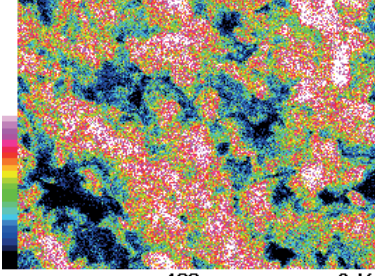
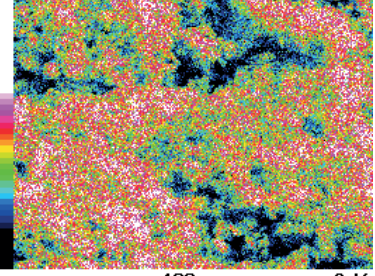
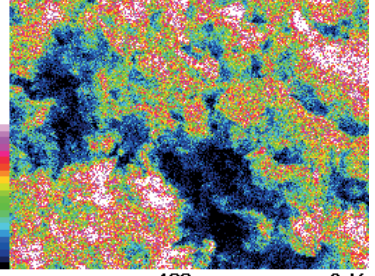
Кат-р	PtMo/УНТNaOH 1:0.5 в молях	PtMo/УНТNaOH 1:1 в молях	PtMo/УНТNaOH 1:2 в молях
EDX			
Mo			
Pt			
C			

Рис. 14. СЭМ изображение и элементный состав синтезированных катализаторов.

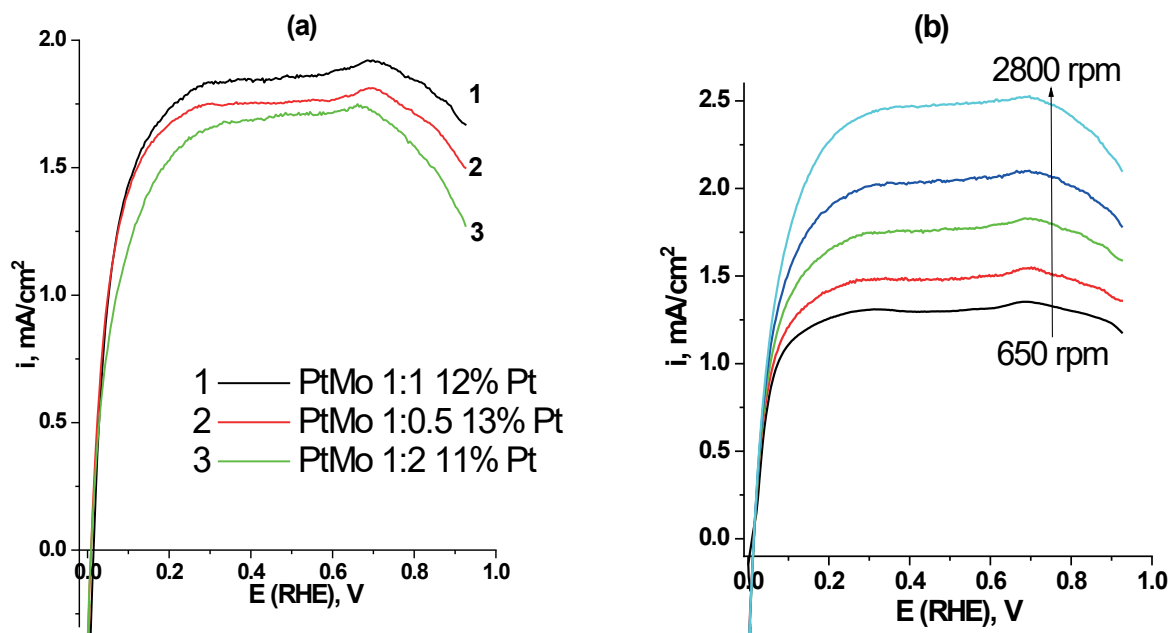


Рис. 15. а) Поляризационные кривые окисления водорода на катализаторах PtMo/УНТ_{NaOH} с различным соотношением металлов в 0.1М КОН. 0.005 В/с; 1500 об/мин; $m_{кат.} = 0.15 \text{ мг/см}^2$. б) Поляризационные кривые окисления водорода на катализаторе PtMo/УНТ_{NaOH} с содержанием платины 12%, при различных скоростях вращения электрода в 0.1М КОН. 0.005 В/с; $m_{кат.} = 0.15 \text{ мг/см}^2$.

измерения, чем катализатор 20Pt/УНТ_{NaOH}, не содержащий Мо, а относительное снижение ЭАП платины для данных катализаторов составляет 60% и 37%, соответственно.

Полученные данные позволяют рекомендовать использовать в щелочном топливном элементе разработанный катализатор PtMo/УНТ с содержанием платины 10–12 масс.% в качестве активного слоя анода для окисления водорода.

Заключение

Исследования на электрохимической ячейке катализатора реакции восстановления кислорода на основе мезопористого углерода СМК-3, модифицированного 7% палладия, показали его высокую эффективность, сопоставимую с эффективностью платинового катализатора с содержанием Pt, равным 40%. Катализатор PtMo/УНТ с содержанием платины 10–12 масс.% в качестве активного слоя анода для окисления водорода обладает высокой эффективностью. Катализаторы СМК-3_Pd и PtMo/УНТ могут быть рекомендованы для использования в щелочных топливных элементах.

Литература

1. W.R.W. Daud, R.E. Rosli, E.H. Majlan, S.A.A. Hamid, R. Mohamed, T. Husaini *Renew. Energy*, 2017, **113**, 620–638. DOI: 10.1016/j.renene.2017.06.027.
2. Y. Wang, D.F.R. Diaz, K.S. Chen, Z. Wang, X.C. Adroher *Mater. today*, 2020, **32**, 178–203. DOI: 10.1016/j.mattod.2019.06.005.
3. W.J. Zeng, L. Tong, J. Liu, H.W. Liang *J. Electroanal. Chem.*, 2022, **922**, 116728. DOI: 10.1016/j.jelechem.2022.116728.
4. W.S. Jung, T. Kim, B.N. Popov *J. Electrochem. Soc.*, 2022, **169**(7), 074501. DOI: 10.1149/1945-7111/ac7827.
5. P. Chandran, A. Ghosh, S. Ramaprabhu *Sci. Rep.*, 2018, **8**(1), 3591. DOI: 10.1038/s41598-018-22001-9.
6. M.R. Tarasevich, E.S. Davydova *Russ. J. Electrochem.*, 2016, **52**, 193–219. DOI: 10.1134/S1023193516030113.
7. W. Wang, Z. Wang, J. Wang, C.J. Zhong, C.J. Liu *Adv. Sci.*, 2017, **4**(4), 1600486. DOI: 10.1002/advs.201600486.
8. T. Maiyalagan, T.O. Alaje, K. Scott *J. Phys. Chem. C*, 2012, **116**(3), 2630–2638. DOI: 10.1021/jp210266n.
9. C. Ruiz-García, F. Heras, L. Calvo, N. Alonso-Morales, J.J. Rodríguez, M.A. Gilarranz *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2019, **58**(11), 4355–4363. DOI: 10.1021/acs.iecr.8b06084.
10. X. Tan, J. Zhang, X. Wu, Y. Wang, M. Li, Z. Shi *RSC Adv.*, 2018, **8**(59), 33688–33694. DOI: 10.1039/C8RA07248E.
11. H. Zhu, S. Zhang, Y.X. Huang, L. Wu, S. Sun *Nano let.*, 2013, **13**(6), 2947–2951. DOI: 10.1021/nl401325u.
12. C. Guo, Y. Li, Z. Li, Y. Liu, Y. Si, Z. Luo *Nanoscale Res. Lett.*, 2020, **15**, 1–14. DOI: 10.1186/s11671-020-3254-x.
13. Y.N. Zaitseva, S.A. Novikova, V.A. Parfenov, A.S. Vyatkin, I.I. Ryzhkov *J. Sib. Fed. Univ. Chem.*, 2019, **12**(3), 395–404. DOI: 10.17516/1998-2836-0136.
14. V. Vij, S. Sultan, A.M. Harzandi, A. Meena, J.N. Tiwari, W.G. Lee, T. Yoon, K.S. Kim *ACS Catal.*, 2017, **7**(10), 7196–7225. DOI: 10.1021/acscatal.7b01800.
15. Y. Zhao, Y. Chu, X. Ju, J. Zhao, L. Kong, Y. Zhang *Catalysts*, 2018, **8**(2), 53. DOI: 10.3390/catal8020053.
16. R.B. Patil, A. Mantri, S.D. House, J.C. Yang, J.R. McKone *ACS Appl. Energy Mater.*, 2019, **2**(4), 2524–2533. DOI: 10.1021/acsaem.8b02087.
17. A. Laszczyńska, W. Tylus, I. Szczygieł *Int. J. Hydrog. Energy*, 2021, **46**(44), 22813–22831.

- DOI: 10.1016/j.ijhydene.2021.04.103.
18. J. Sun, S. Li, Q. Zhang, J. Guan
Sustain. Energy Fuels, 2020, 4(9), 4531–4537.
DOI: 10.1039/D0SE00694G.
 19. T. Lopes, A. Kucernak, D. Malko, E.A. Ticianelli
ChemElectroChem, 2016, 3(10), 1580–1590.
DOI: 10.1002/celec.201600354.
 20. V.M. Truong, M.K. Yang, H. Yang
Int. J. Precis. Eng. Manuf.-Green Technol., 2019, 6(4), 711–721.
DOI: 10.1007/s40684-019-00123-3.
 21. B. Ruiz-Camacho, A. Medina-Ramírez, R. Fuentes-Ramírez, R. Navarro, C.M. Gómez, A. Pérez-Larios
Int. J. Hydrog. Energy, 2022, 47(70), 30147–30159.
DOI: 10.1016/j.ijhydene.2022.03.190.
 22. Y. Liu, B. Zhao, Y. Zhang, H. Zhang, K. Zhan, J. Yang, J. Li
RSC Adv., 2016, 6(39), 32676–32684. DOI: 10.1039/C6RA00752J.
 23. G. Wu, Y. Nie, D. Zhang, C. Zhang, J. Guo, D. Zhang, G. Qi, W. Jiao, Z. Yuan
J. Chin. Chem. Soc., 2020, 67(7), 1189–1194.
DOI: 10.1002/jccs.201900429.
 24. R. Ning, J. Tian, A.M. Asiri, A.H. Qusti, A.O. Al-Youbi, X. Sun
Langmuir, 2013, 29(43), 13146–13151. DOI: 10.1021/la4031014.
 25. T. Van Hung, R. Karunakaran, T.T. Tung, N.N. Dang, S.X. Nguyen, D. Losic
J. Phys. D: Appl. Phys., 2020, 54(8), 085303.
DOI: 10.1088/1361-6463/abc6d6.
 26. A. Eftekhari, Z. Fan
Mater. Chem. Front., 2017, 1(6), 1001–1027.
DOI: 10.1039/C6QM00298F.
 27. W. Xu, Z. Wu, S. Tao
J. Mater. Chem. A, 2016, 4(42), 16272–16287.
DOI: 10.1039/C6TA05304A.
 28. B. Hasse, J. Gläsel, A.M. Kern, D.Y. Murzin, B.J.M. Etzold
Catal. Today, 2015, 249, 30–37.
DOI: 10.1016/j.cattod.2014.10.049.
 29. Y. Wang, Y. Liu, X.Z. Li, F. Zeng, H. Liu
Sep. Purif. Technol., 2013, 106, 32–37.
DOI: 10.1016/j.seppur.2012.12.013.
 30. Z. Zhao, M. Li, L. Zhang, L. Dai, Z. Xia
Adv. Mater., 2015, 27(43), 6834–6840.
DOI: 10.1002/adma.201503211.
 31. Y. Kado, Y. Soneda, H. Hatori, M. Kodama
J. Solid State Electrochem., 2019, 23, 1061–1081.
DOI: 10.1007/s10008-019-04211-x.
 32. D. Wu, Z. Lou, Y. Wang, T. Xu, Z. Shi, J. Xu, Y. Tian, X. Li
Nanotechnology, 2017, 28(43), 435503.
DOI: 10.1088/1361-6528/aa89b5.
 33. S. Song, T. Qin, Q. Li, Y. Wang, Y. Tang, L. Zhang, X. Liu
Inorg. Chem., 2021, 60(10), 7498–7509.
DOI: 10.1021/acs.inorgchem.1c00824.
 34. B. Han, S. Yu, Z. Wang, H. Zhu
Int. J. Hydrogen Energy, 2020, 45(54), 29645–29654.
DOI: 10.1016/j.ijhydene.2019.09.123.
 35. E.A. Martynenko, S.V. Vostrikov, R.V. Shafigulin, K.Y. Vinogradov, E.O. Tokranova, A.V. Bulanova, H. Zhu
J. Appl. Electrochem., 2023 53(4), 645–659.
DOI: 10.1007/s10800-022-01808-5.
 36. A.V. Bulanova, R.V. Shafigulin, K.Y. Vinogradov, E.O. Tokranova, E.A. Martynenko, S.V. Vostrikov, V.V. Podlipnov
Catalysts, 2022, 12(9), 1013. DOI: 10.3390/catal12091013.
 37. I.E. Vernigor, V.A. Bogdanovskaya, M.V. Radina, V.N. Andreev
Russ. J. Electrochem., 2023, 59(1), 12–23.
DOI: 10.1134/S1023193523010111.

Fundamental Research and Development of Key Materials in New High-Performance Alkaline Membrane Fuel Cells

Andzhela V. Bulanova

Professor, Samara National Research University
34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia
shafiro@mail.ru

Roman V. Shafigulin

Samara National Research University
34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia
shafiro@mail.ru

Vera A. Bogdanovskaya

A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of the RAS
31 (4), Leninsky Prospekt, Moscow, 119071, Russia

Kirill Yu. Vinogradov

Samara National Research University
34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia
winyur@yandex.ru

Vladimir N. Andreev

A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of the RAS
31 (4), Leninsky Prospekt, Moscow, 119071, Russia
6337624@mail.ru

Elena O. Tokranova

Samara National Research University
34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia
fileona@mail.ru

Oleg V. Korchagin

A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of the RAS
31 (4), Leninsky Prospekt, Moscow, 119071, Russia
oleg-kor83@mail.ru

Sergey V. Vostrikov

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russia
vosser@mail.ru

Abstract

The research, part of an international collaboration between BRICS countries, was conducted by scientists from S.P. Korolev Samara National Research University, the A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of the Russian Academy of Sciences (Russia), Beijing University of Chemical Technology, China, and the International Advanced Research Center for Powder Metallurgy and New Materials (India).

This article presents the key results of the Russian team's research on the development of catalysts with minimal platinum content, as well as non-platinum catalysts for alkaline fuel cells (AFCs) operating in the oxygen reduction reaction (ORR) and hydrogen oxidation reaction (HOR). Carbon materials were used as supports, and the

influence of the nature of the carbon supports, dopants, and modifiers (platinum, molybdenum, silver, palladium, iron, nickel, cobalt, etc.) on the catalytic performance of the resulting materials in ORR and HOR was studied.

Testing the synthesized catalysts in an electrochemical cell showed that the catalyst based on mesoporous carbon modified with 7% palladium (SMK-3_Pd) is comparable in performance to a commercial platinum catalyst containing 40% Pt and exhibits high corrosion resistance.

Keywords: alkaline fuel cells, oxygen reduction catalyst, hydrogen oxidation catalyst, carbon nanotubes, mesoporous carbon.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project 19–53–80033 BRICS_t).

Images and tables

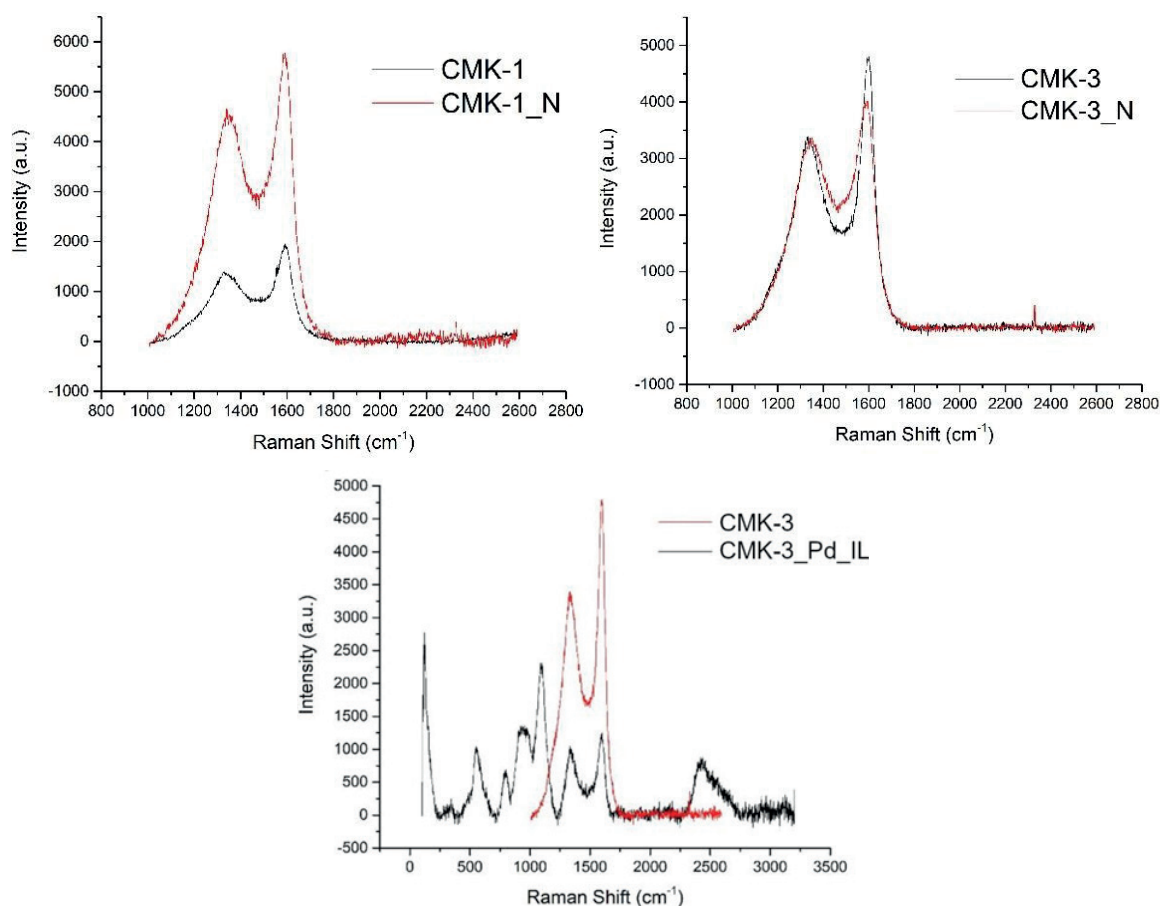


Fig. 1. Raman spectra of synthesized carbon materials.

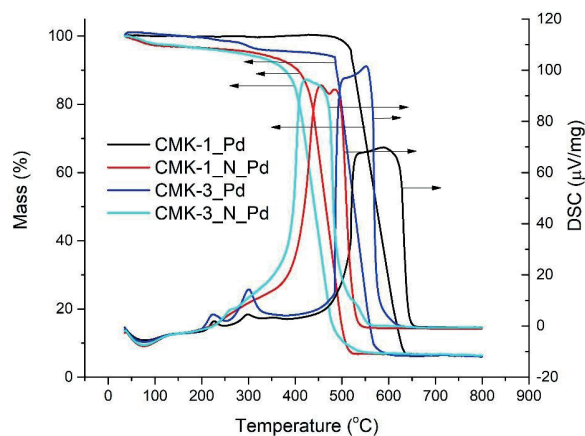


Fig. 2. Combined differential thermal analysis and thermogravimetric analysis curves of Pd-containing catalysts.

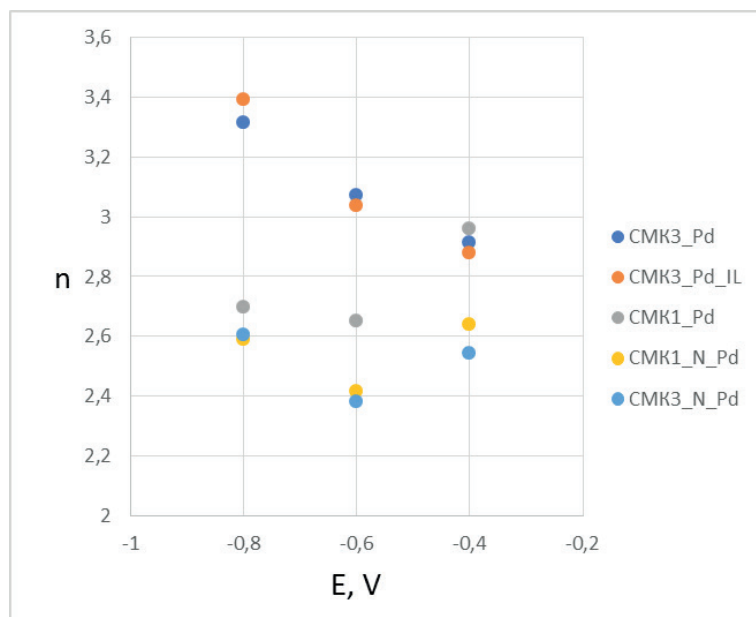


Fig. 3. Calculated number of electrons transferred in the reaction versus potential.

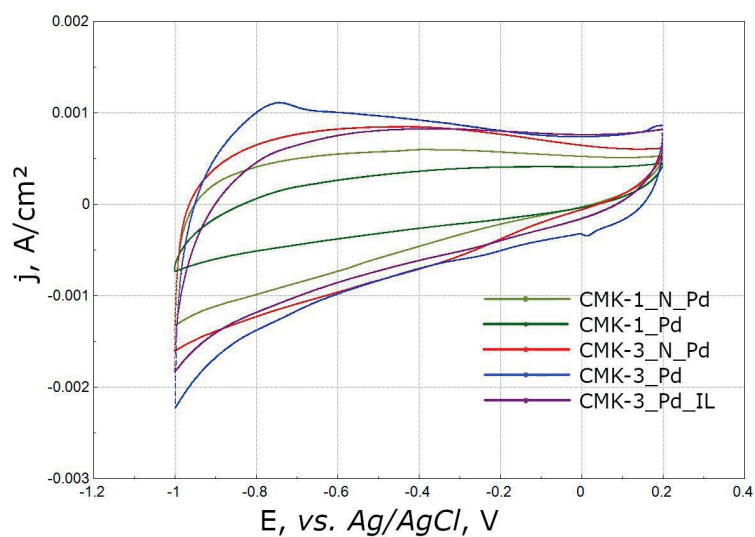


Fig. 4. Cyclic voltammogram (CV) on an electrode with various catalysts in a deaerated 0.1 M KOH solution: potential scan rate of 50 mV*s⁻¹.

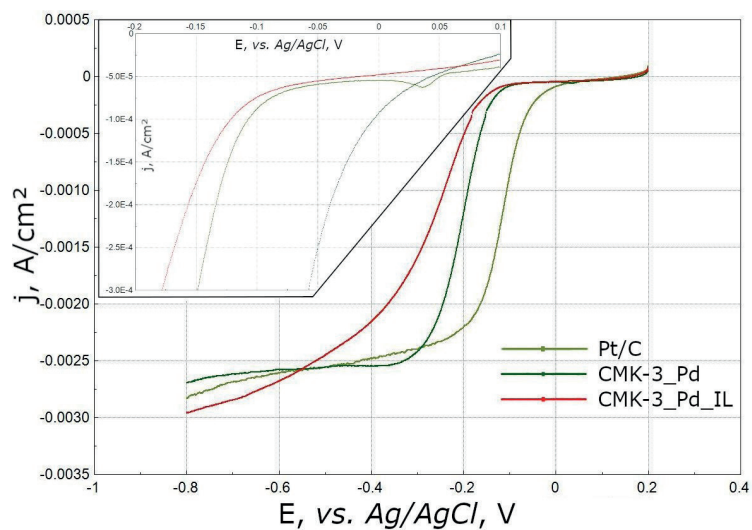


Fig. 5. Voltammograms of the most active catalysts based on CMK and a commercial platinum catalyst: potential scan rate of 5 mV s⁻¹, electrode rotation speed of 1000 rpm, catalyst loading of 80 µg*cm⁻².

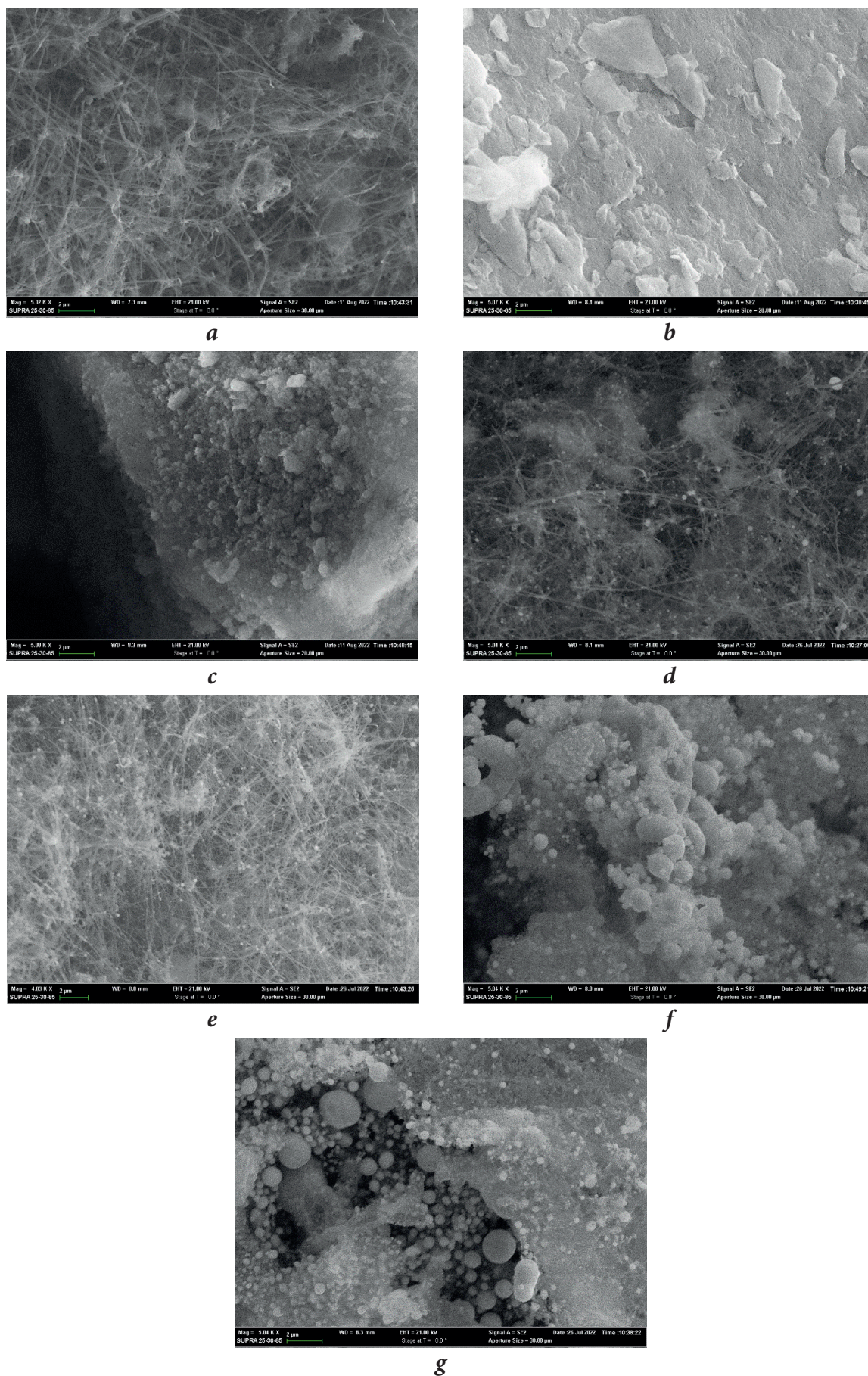


Fig. 6. SEM images: *a* – MWCNT (magnification 5000x); *b* – GO; *c* – UDD; *g* – MWCNT_CoPc_Pd (magnification 5000x); *d* – MWCNT_CuPc_Pd (magnification 4000x); *e* – UDD_CoPc_Pd (magnification 5000x); *g* – GO_CoPc_Pd (magnification 5000x).

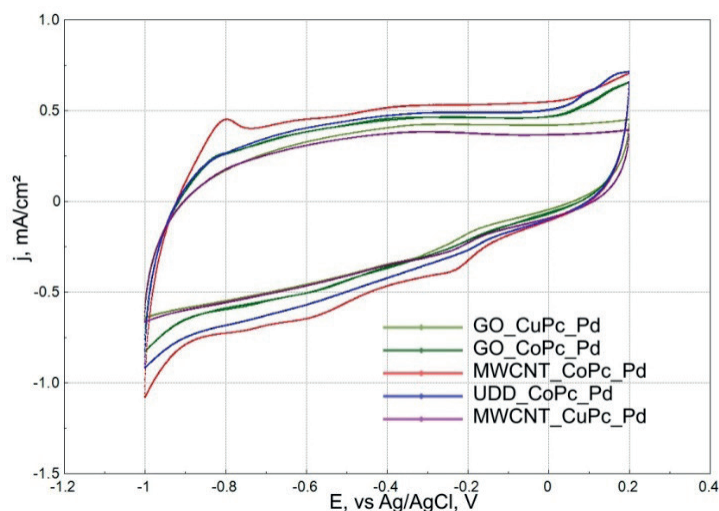
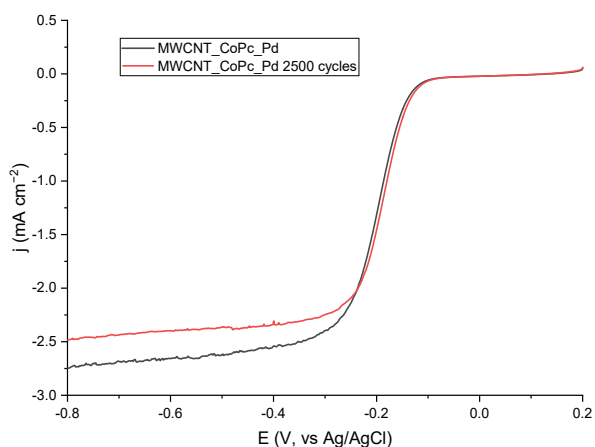
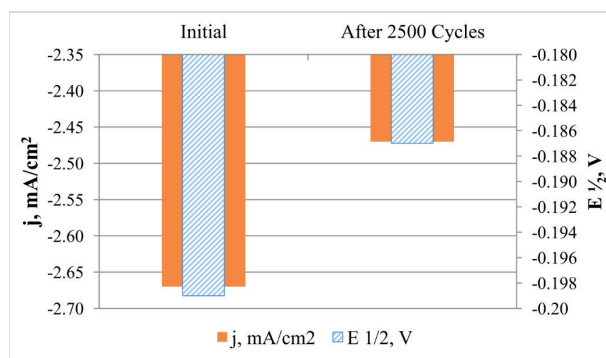


Fig. 7. Cyclic voltammogram (CV) at the electrode with different catalysts in a deaerated 0.1 M KOH solution: potential scan rate $50 \text{ mV}\cdot\text{s}^{-1}$

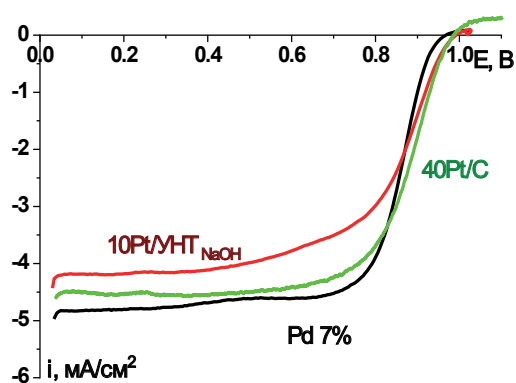


a

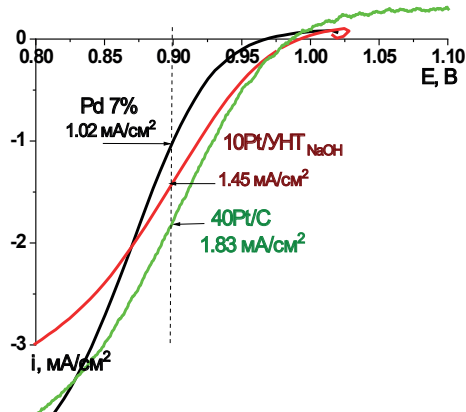


b

Fig. 8. Corrosion resistance test of the MWCNT_CoPc_Pd catalyst: a – CV before and after 2500 cycles; b – comparative diagram of the diffusion current density (-0.80 V) before and after 2500 cycles.



a



b

Fig. 9. Comparison of polarization curves in the ORR on a commercial platinum catalyst containing 40% Pt and our synthesized catalysts 10Pt/CNT and SMK-3_Pd; (a) in a wide potential range and (b) in the kinetic region.

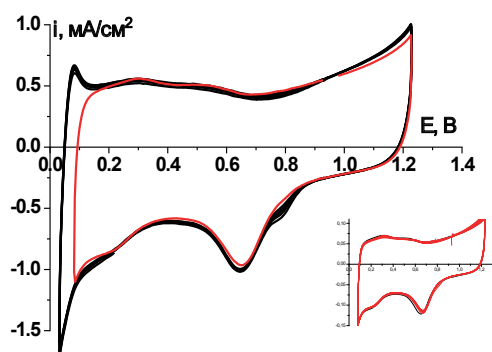


Fig. 10. CVs obtained before and after measuring polarization curves in the ORR on the SMK-3_Pd catalyst.

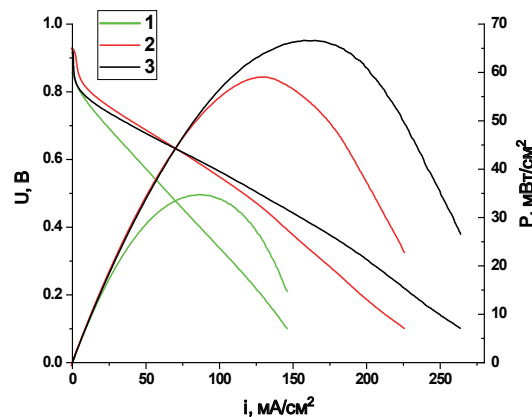


Fig. 11. Current-voltage curves and the dependence of the power density on the current density for the MEA AFC with cathodes based on the 7% Pd/CMK-3 catalyst: 1 – 0.4 mgPd/cm² (cathode compression ratio 20%); 2 – 0.4 mgPd/cm² (cathode compression ratio <10%); 3 – 0.07 mgPd/cm² (cathode compression ratio <10%). PtMo/CNT (0.4 mgPt/cm²) was used as the anode catalyst in all cases. Temperature: 40°C, RH = 100%, HDS = 39 BB, I/C = 1/1.

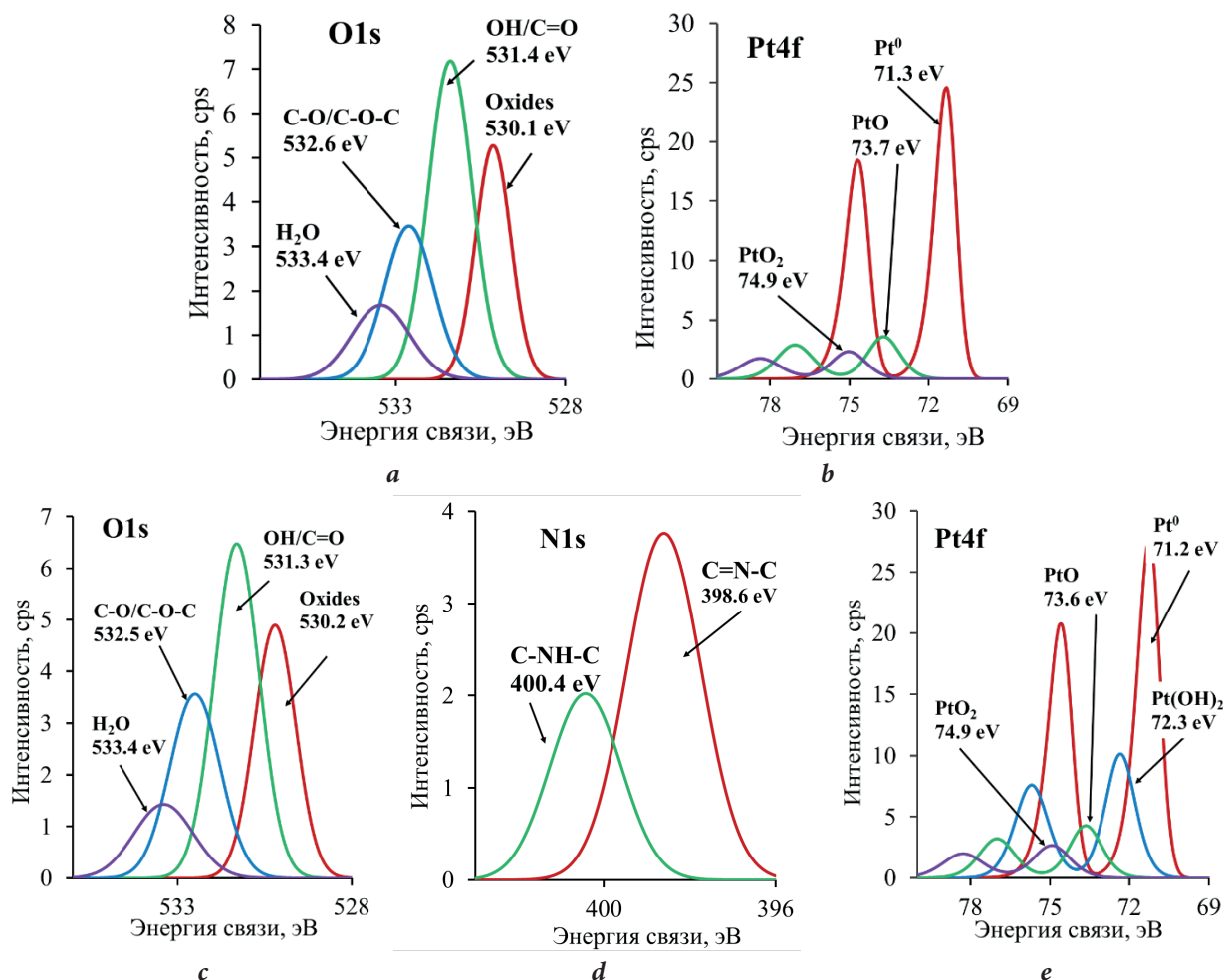


Fig. 12. XPS spectra of O1s (a) and Pt4f (b) on Pt/CNTNaOH and O1s (c), N1s (d), and Pt4f (e) on 20Pt/CNTNaOH+N.

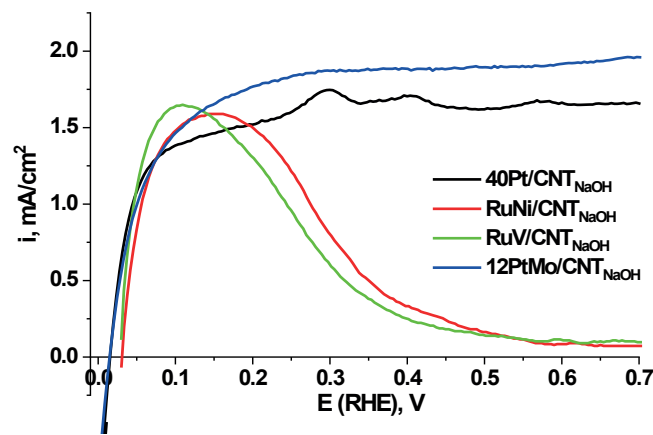


Fig. 13. Polarization curves of hydrogen oxidation in 0.1 M KOH. 0.005 V/s; 1500 rpm; $m_{cat.} = 0.15\text{ mg/cm}^2$

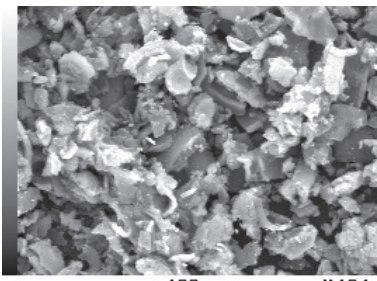
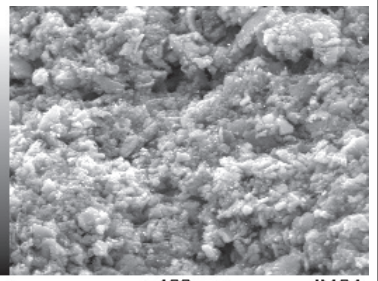
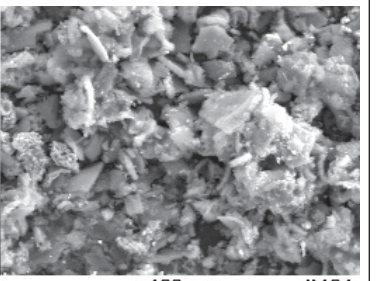
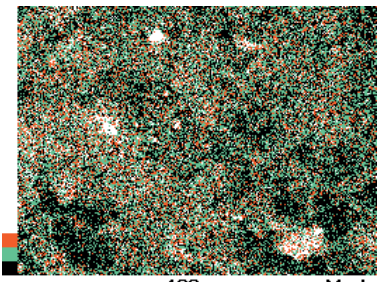
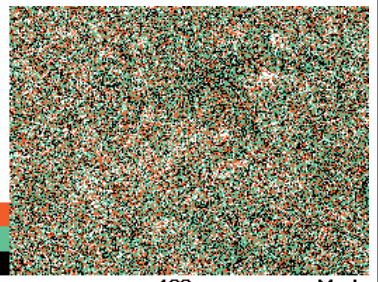
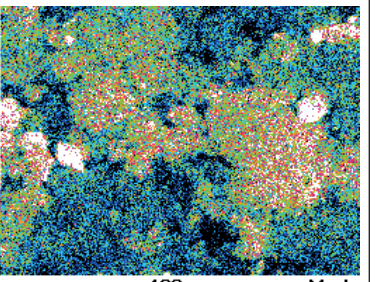
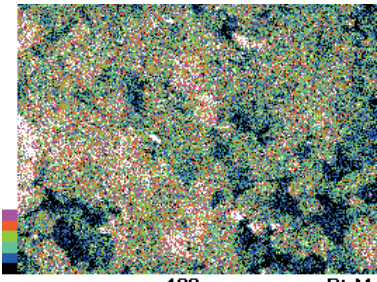
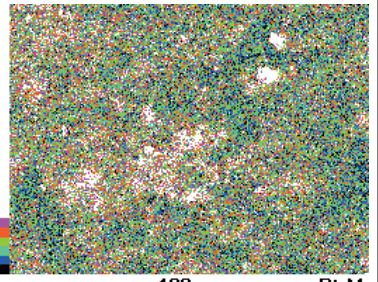
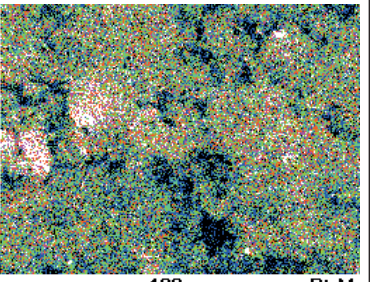
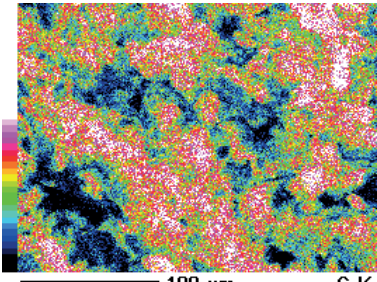
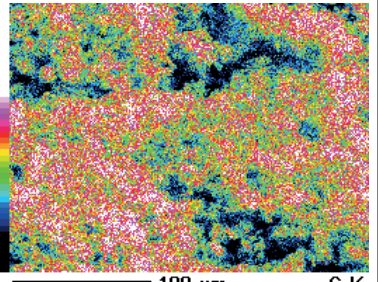
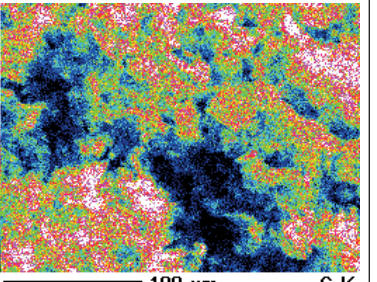
Kam-p	PtMo/YHTNaOH 1:0.5 в молях	PtMo/YHTNaOH 1:1 в молях	PtMo/YHTNaOH 1:2 в молях
EDX			
Mo			
Pt			
C			

Fig. 14. SEM image and elemental composition of the synthesized catalysts.

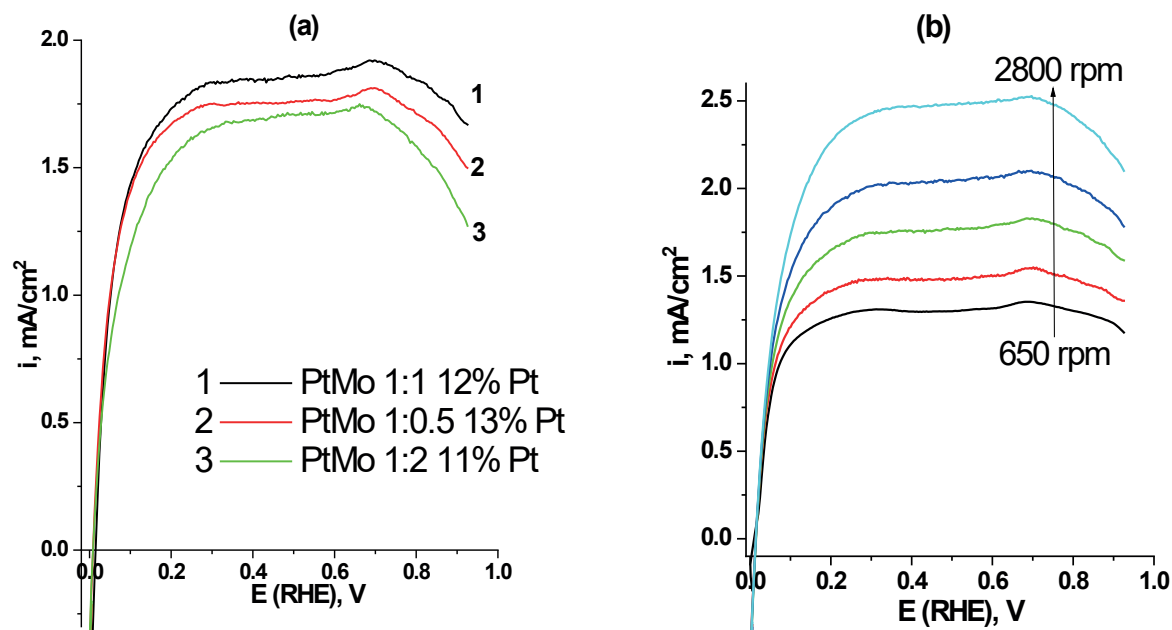


Fig. 15. a) Polarization curves of hydrogen oxidation on PtMo/CNTNaOH catalysts with different metal ratios in 0.1 M KOH. 0.005 V/s; 1500 rpm; $m_{cat.} = 0.15 \text{ mg/cm}^2$. b) Polarization curves of hydrogen oxidation on PtMo/CNTNaOH catalyst with 12% platinum content at different electrode rotation speeds in 0.1 M KOH. 0.005 V/s; $m_{cat.} = 0.15 \text{ mg/cm}^2$

Table 1. Textural Characteristics of Synthesized Carbon Materials and Catalysts

Sample	Specific Surface Area S_{BET} , m ² /g	Pore volume, V_p , cm ³ /g		Pore diameter D_p , nm
		general	micropores	
CMK-1	1245	0.78	0.40	3.4
CMK-3	1333	1.04	0.04	3.8
CMK-1_N	375	0.21	0.17	3.4
CMK-3_N	398	0.22	0.19	3.4
CMK-1_Pd	848	0.63	0.23	3.4
CMK-3_Pd	839	0.77	0.05	3.8
CMK-1_N_Pd	277	0.19	0.12	3.4
CMK-3_N_Pd	332	0.21	0.15	3.4
CMK-3_Pd_IL	575	0.53	0	4.1

Table 2. Kinetic parameters of the ORR on the catalyst in KOH solution (O_2 -saturated, 1000 rpm).

Catalyst	j_{dif} (-0.8 V), mA/cm ²	$E_{1/2}$, V	E_{onset} , V
CMK-3_Pd	2.70	-0.20	-0.07
CMK-3_Pd_IL	2.96	-0.23	-0.08
CMK-1_Pd	1.86	-0.25	-0.12
CMK-1_N_Pd	2.12	-0.27	-0.11
CMK-3_N_Pd	2.28	-0.29	-0.11
CMK-3	1.20	-0.38	-0.23

Table 3. Kinetic and thermodynamic parameters of ORR on the studied catalysts in KOH solution (O_2 -saturated, 1500 rpm).

Catalyst	j_{dif} (-0.75 V), mA/cm ²	$E_{1/2}$, V	E_{onset} , V	j_{kine} (-0.05 V), mA/cm ²
Pt/C	3.41	-0.128	-0.053	0.2160
GO_CuPc_Pd	1.84	-0.321	-0.163	0.0168
GO_CoPc_Pd	2.64	-0.229	-0.116	0.0245
MWCNT_CoPc_Pd	3.33	-0.190	-0.109	0.0302
MWCNT_CuPc_Pd	2.20	-0.261	-0.139	0.0235

Catalyst	j_{dif} (-0.75 V), mA/cm ²	$E_{1/2}$, V	E_{onset} , V	j_{kine} (-0.05 V), mA/cm ²
UDD_CoPc_Pd	3.04	-0.204	-0.127	0.0265
GO	—*	—*	—*	—*
MWCNT	1.52	-0.361	-0.247	0.0133
MWCNT_CuPc	2.76	-0.343	-0.165	0.0267
MWCNT_CoPc	3.45	-0.215	-0.116	0.0278
UDD	1.33	-0.370	-0.227	0.0049

* Data are not given due to low catalyst activity and low parameter stringency.

Table 4. Surface composition and porous structure of carriers and catalysts with 20 wt. % Pt

Material	Element/At. %	V_{pore} , cm ³ /g	D_{pore} , nm
YHT _{NaOH}	O/2.18	1.21	21.5
YHT _{NaOH+N}	O/10.08 N/1.15	0.86	14.25
20 Pt/YHT _{NaOH}	O/2.8 Pt ⁰ /1.21 PtO / 0.78 PtO ₂ / 0.18	1.18	21.3
20 Pt/YHT _{NaOH+N}	O/2.97 N/1.58 Pt ⁰ / 1.6 Pt(OH) ₂ / 0.74 PtO / 0.33 PtO ₂ / 0.24	0.73	14.3

Table 5. Surface characteristics (S , m²/g, measured in octane//water) and surface charge in the form of ($1/2Q$, C/g, determined by CEA) and electrochemical parameters of the carriers

Material	S , m ² /g octane//water	$1/2Q$, C/g original	$E_{1/2}$, V	n	% HO ₂ ⁻	$1/2Q$, Кл/г после 1000 циклов
YHT _{NaOH}	333.5//49.2	21.5	0.64	1.7	81.2	20.8
YHT _{NaOH+N}	268.8//154.2	60	0.81	3.2	42	58.1

Table 6. The Pt/CNT surface value of catalysts before and after corrosion testing.

Catalyst	wt. % Pt	SPt on the electrode, cm ²	SPt, m ² /g	SPt, m ² /g after 500 cycles	SPt, m ² /g after 1000 cycles
Pt/YHT _{NaOH}	10	1.0	52.2	31.8	19.3
	20	2.3	58.7	36.4	22
	40	4.6	57.3	58.0	25.7
	60	5.4	45	32.1	23.4
Pt/YHT _{NaOH+N}	10	1.6	80	52.8	34.4
	20	3.3	81.9	51.6	36.8
	40	6.3	78.6	57.8	41.6
	60	7.0	58.5	40.2	33.9

References

1. W.R.W. Daud, R.E. Rosli, E.H. Majlan, S.A.A. Hamid, R. Mohamed, T. Husaini
Renew. Energy, 2017, **113**, 620–638.
DOI: 10.1016/j.renene.2017.06.027.
2. Y. Wang, D.F.R. Diaz, K.S. Chen, Z. Wang, X.C. Adroher
Mater. today, 2020, **32**, 178–203.
DOI: 10.1016/j.mattod.2019.06.005.
3. W.J. Zeng, L. Tong, J. Liu, H.W. Liang
J. Electroanal. Chem., 2022, **922**, 116728.
DOI: 10.1016/j.jelechem.2022.116728.
4. W.S. Jung, T. Kim, B.N. Popov
J. Electrochem. Soc., 2022, **169**(7), 074501.
DOI: 10.1149/1945-7111/ac7827.
5. P. Chandran, A. Ghosh, S. Ramaprabhu

- Sci. Rep.*, 2018, **8**(1), 3591. DOI: 10.1038/s41598-018-22001-9.
6. **M.R. Tarasevich, E.S. Davydova**
Russ. J. Electrochem., 2016, **52**, 193–219.
DOI: 10.1134/S1023193516030113.
 7. **W. Wang, Z. Wang, J. Wang, C.J. Zhong, C.J. Liu**
Adv. Sci., 2017, **4**(4), 1600486. DOI: 10.1002/advs.201600486.
 8. **T. Maiyalagan, T.O. Alaje, K. Scott**
J. Phys. Chem. C, 2012, **116**(3), 2630–2638.
DOI: DOI: 10.1021/jp210266n.
 9. **C. Ruiz-García, F. Heras, L. Calvo, N. Alonso-Morales, J.J. Rodríguez, M.A. Gilarranz**
Ind. Eng. Chem. Res., 2019, **58**(11), 4355–4363.
DOI: 10.1021/acs.iecr.8b06084.
 10. **X. Tan, J. Zhang, X. Wu, Y. Wang, M. Li, Z. Shi**
RSC Adv., 2018, **8**(59), 33688–33694.
DOI: 10.1039/C8RA07248E.
 11. **H. Zhu, S. Zhang, Y.X. Huang, L. Wu, S. Sun**
Nano let., 2013, **13**(6), 2947–2951. DOI: 10.1021/nl401325u.
 12. **C. Guo, Y. Li, Z. Li, Y. Liu, Y. Si, Z. Luo**
Nanoscale Res. Lett., 2020, **15**, 1–14.
DOI: 10.1186/s11671-020-3254-x.
 13. **Y.N. Zaitseva, S.A. Novikova, V.A. Parfenov, A.S. Vyatkin, I.I. Ryzhkov**
J. Sib. Fed. Univ. Chem., 2019, **12**(3), 395–404.
DOI: 10.17516/1998-2836-0136.
 14. **V. Vij, S. Sultan, A.M. Harzandi, A. Meena, J.N. Tiwari, W.G. Lee, T. Yoon, K.S. Kim**
ACS Catal., 2017, **7**(10), 7196–7225.
DOI: 10.1021/acscatal.7b01800.
 15. **Y. Zhao, Y. Chu, X. Ju, J. Zhao, L. Kong, Y. Zhang**
Catalysts, 2018, **8**(2), 53. DOI: 10.3390/catal8020053.
 16. **R.B. Patil, A. Mantri, S.D. House, J.C. Yang, J.R. McKone**
ACS Appl. Energy Mater., 2019, **2**(4), 2524–2533.
DOI: 10.1021/acsaem.8b02087.
 17. **A. Laszczyńska, W. Tylus, I. Szczygieł**
Int. J. Hydrog. Energy, 2021, **46**(44), 22813–22831.
DOI: 10.1016/j.ijhydene.2021.04.103.
 18. **J. Sun, S. Li, Q. Zhang, J. Guan**
Sustain. Energy Fuels, 2020, **4**(9), 4531–4537.
DOI: 10.1039/D0SE00694G.
 19. **T. Lopes, A. Kucernak, D. Malko, E.A. Ticianelli**
ChemElectroChem, 2016, **3**(10), 1580–1590.
DOI: 10.1002/celec.201600354.
 20. **V.M. Truong, M.K. Yang, H. Yang**
Int. J. Precis. Eng. Manuf.-Green Technol., 2019, **6**(4), 711–721.
DOI: 10.1007/s40684-019-00123-3.
 21. **B. Ruiz-Camacho, A. Medina-Ramírez, R. Fuentes-Ramírez, R. Navarro, C.M. Gómez, A. Pérez-Larios**
Int. J. Hydrog. Energy, 2022, **47**(70), 30147–30159.
DOI: 10.1016/j.ijhydene.2022.03.190.
 22. **Y. Liu, B. Zhao, Y. Zhang, H. Zhang, K. Zhan, J. Yang, J. Li**
RSC Adv., 2016, **6**(39), 32676–32684. DOI: 10.1039/C6RA00752J.
 23. **G. Wu, Y. Nie, D. Zhang, C. Zhang, J. Guo, D. Zhang, G. Qi, W. Jiao, Z. Yuan**
J. Chin. Chem. Soc., 2020, **67**(7), 1189–1194.
DOI: 10.1002/jccs.201900429.
 24. **R. Ning, J. Tian, A.M. Asiri, A.H. Qusti, A.O. Al-Youbi, X. Sun**
Langmuir, 2013, **29**(43), 13146–13151. DOI: 10.1021/la4031014.
 25. **T. Van Hung, R. Karunakaran, T.T. Tung, N.N. Dang, S.X. Nguyen, D. Losic**
J. Phys. D: Appl. Phys., 2020, **54**(8), 085303.
DOI: 10.1088/1361-6463/abc6d6.
 26. **A. Eftekhari, Z. Fan**
Mater. Chem. Front., 2017, **1**(6), 1001–1027.
DOI: 10.1039/C6QM00298F.
 27. **W. Xu, Z. Wu, S. Tao**
J. Mater. Chem. A, 2016, **4**(42), 16272–16287.
DOI: 10.1039/C6TA05304A.
 28. **B. Hasse, J. Gläsel, A.M. Kern, D.Y. Murzin, B.J.M. Etzold**
Catal. Today, 2015, **249**, 30–37.
DOI: 10.1016/j.cattod.2014.10.049.
 29. **Y. Wang, Y. Liu, X.Z. Li, F. Zeng, H. Liu**
Sep. Purif. Technol., 2013, **106**, 32–37.
DOI: 10.1016/j.seppur.2012.12.013.
 30. **Z. Zhao, M. Li, L. Zhang, L. Dai, Z. Xia**
Adv. Mater., 2015, **27**(43), 6834–6840.
DOI: 10.1002/adma.201503211.
 31. **Y. Kado, Y. Soneda, H. Hatori, M. Kodama**
J. Solid State Electrochem., 2019, **23**, 1061–1081.
DOI: 10.1007/s10008-019-04211-x.
 32. **D. Wu, Z. Lou, Y. Wang, T. Xu, Z. Shi, J. Xu, Y. Tian, X. Li**
Nanotechnology, 2017, **28**(43), 435503.
DOI: 10.1088/1361-6528/aa89b5.
 33. **S. Song, T. Qin, Q. Li, Y. Wang, Y. Tang, L. Zhang, X. Liu**
Inorg. Chem., 2021, **60**(10), 7498–7509.
DOI: 10.1021/acs.inorgchem.1c00824.
 34. **B. Han, S. Yu, Z. Wang, H. Zhu**
Int. J. Hydrogen Energy, 2020, **45**(54), 29645–29654.
DOI: 10.1016/j.ijhydene.2019.09.123.
 35. **E.A. Martynenko, S.V. Vostrikov, R.V. Shafigulin, K.Y. Vinogradov, E.O. Tokranova, A.V. Bulanova, H. Zhu**
J. Appl. Electrochem., 2023 **53**(4), 645–659.
DOI: 10.1007/s10800-022-01808-5.
 36. **A.V. Bulanova, R.V. Shafigulin, K.Y. Vinogradov, E.O. Tokranova, E.A. Martynenko, S.V. Vostrikov, V.V. Podlipnov**
Catalysts, 2022, **12**(9), 1013. DOI: 10.3390/catal12091013.
 37. **I.E. Vernigor, V.A. Bogdanovskaya, M.V. Radina, V.N. Andreev**
Russ. J. Electrochem., 2023, **59**(1), 12–23.
DOI: 10.1134/S1023193523010111.





**«ВЕСТНИК РОССИЙСКОГО ФОНДА
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»
№ 4 (128) 2025 год**

Подписано в печать 17.12.2025.
Формат 60х90/8. Гарнитура Minion Pro.
Уч.-изд. л. 12,88. Усл.-печ. л. 15,71. Заказ № 3415.4. Тираж 300.

Отпечатано в типографии ООО «Принт».
426035, г. Ижевск, ул. Тимирязева, 5.