

Том 93, Номер 11

ISSN 0869-5873

Ноябрь 2023



ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

www.sciencejournals.ru



СОДЕРЖАНИЕ

Том 93, номер 11, 2023

Наука и общество

А. Г. Володин

Возвращение развития: полицентрический мир в поисках новой экзистенциальной парадигмы 1019

Проблемы экологии

В. И. Данилов-Данильян, В. М. Катцов, Б. Н. Порфирьев

Экология и климат: где мы сейчас и где будем через два-три десятилетия
Ситуация в России 1032

Точка зрения

В. И. Осипов

Тонкие плёнки адсорбированной воды и их влияние на эффективные напряжения в глинистых грунтах 1047

Д. И. Кондратов

Газовая отрасль КНР и российские экспортные перспективы 1057

Из рабочей тетради исследователя

О. В. Бухарин, Е. В. Иванова, Н. Б. Перунова

Коренные штаммы бифидобактерий кишечника человека: индигенность через призму персистенции 1071

За рубежом

Л. В. Панкова, О. В. Гусарова, Д. В. Стефанович

Система организации и управления военно-ориентированными НИОКР в США 1081

Организация исследовательской деятельности

М. М. Горбунов-Посадов

Энциклопедии: трудная дорога в онлайн 1095

Этюды об учёных

Н. С. Кореева

“Химия — самая интересная наука”
К 120-летию со дня рождения академика Б.А. Арбузова 1101

Письма в редакцию

Ю. А. Золотов

Молодёжная наука? 1107

Официальный отдел

Награды и премии 1108

CONTENTS

Vol. 93, No. 11, 2023

Science and Society

A. G. Volodin

Return of Development: Polycentric World in Search of New Existential Paradigm 1019

Problems of Ecology

V. I. Danilov-Danilyan, V. M. Kattsov, B. N. Porfiriev

Ecology and Climate: Where We are Now and Where We Will Be in Two or Three Decades
Situation in Russia 1032

Point of View

V. I. Osipov

Thin Films of Adsorbed Water and Their Influence on Effective Tension in Clayey Soils 1047

D. I. Kondratov

China's Gas Industry and Russian Export Prospects 1057

From the Researcher's Notebook

O. V. Bukharin, E. V. Ivanova, N. B. Perunova

Native Strains of Human Intestinal Bifidobacteria: Indigeneity Through the Prism of Persistence 1071

Abroad

L. V. Pankova, O. V. Gusarova, D. V. Stefanovich

The System of Organization of Military-Oriented R&D in the USA 1081

Organization of Research

M. M. Gorbunov-Posadov

Encyclopedias: the Difficult Road to Online 1095

Profiles

N. S. Koreyeva

"Chemistry is the most interesting science"
To the 120th anniversary of the birth of Academician B.A. Arbuzov 1101

Letters to the Editorial Board

Yu. A. Zolotov

Youth Science? 1107

Official Section

Awards and prizes 1108

Памяти Александра Игоревича Салицкого

ВОЗВРАЩЕНИЕ РАЗВИТИЯ: ПОЛИЦЕНТРИЧЕСКИЙ МИР В ПОИСКАХ НОВОЙ ЭКЗИСТЕНЦИАЛЬНОЙ ПАРАДИГМЫ

© 2023 г. А. Г. Володин^{а,*}

^аИнститут научной информации по общественным наукам РАН, Москва, Россия

*E-mail: andreivolodine@gmail.com

Поступила в редакцию 30.06.2023 г.

После доработки 22.08.2023 г.

Принята к публикации 11.09.2023 г.

В статье рассматривается эволюция теорий социально-экономической модернизации в конце XX — первой четверти XXI в. В прошлом веке творческое соперничество происходило между тремя основными идейно-теоретическими направлениями — западоцентристским, национально-этатистским и леворадикальным. По мнению автора, трудности трансформации сложносоставной социально-экономической структуры переходных обществ предопределили постепенную утрату влияния западоцентристским направлением и повышение значимости национально-этатистского и леворадикального течений в системе знаний о развивающихся странах. “Усечённая глобализация” и “вашингтонский консенсус” имели следствием распад моноцентричного мира и поставили парадигму развития в центр поисков новой модели эволюции человечества. Сегодня развитие объективно становится императивом государственного курса всех обществ, включая промышленно развитые страны. Повестка развития становится важным условием формирования новой, полицентрической модели международных отношений, в основе которой лежат принципы диалога и взаимодействия государств и цивилизаций.

Ключевые слова: парадигма развития, глобальная экономика и политика, многополярный мир, западоцентризм, “вашингтонский консенсус”, суверенитет.

DOI: 10.31857/S0869587323110099, EDN: CNJHME

Становление полицентрического мирового порядка стало в последние годы своеобразным общим местом многочисленных публикаций, включая академические издания. Однако авторы подобных работ, как правило, концентрируют внимание на политэкономических и военно-технических аспектах межстадиального перехода, особенностях

идеологической борьбы в современных международных отношениях. Сравнительно слабо исследованным остаётся *социально-психологическое измерение* процессов переформатирования мирового пространства. В то же время именно сдвиги в массовом сознании, как свидетельствует история, зачастую становятся основным строительным материалом здания нового мира.

Комментируя сложившуюся к 2020-м годам мировую ситуацию, известный французский культуролог К. Карпентье де Гурдон пишет: “Первая мировая война фатально ослабила Европу, тогда как окончание Второй мировой освятило превосходство США как преемника истощённых европейских колониальных гегемонов. В 1990-е годы войны на территории бывшей Югославии опустили занавес на претензии Евросоюза на [мирополитический — *А.В.*] суверенитет, тогда как вскоре афганские и иракские злоключения озаменовали конец американской гегемонии.



ВОЛОДИН Андрей Геннадьевич — доктор исторических наук, главный научный сотрудник ИНИОН РАН.

Нынешний украинский конфликт является эпилогом четырёхвековой западоцентристской эры, поскольку он формализует вселенский сдвиг власти в сторону глобального Востока и Юга. Конфликт на постсоветском пространстве уже стоил Европе экономического процветания; равным образом он повысил угрозу американской неплатёжеспособной экономике. Упорно противостоя лиге НАТО, Россия, возможно, устраняет последнее [психологическое — *А.В.*] препятствие, которое до сих пор мешало многим странам отстаивать свои права и интересы” [1]. Иначе говоря, в становлении нового мирового устройства немаловажное значение имеет обстоятельство *психологического* происхождения, то есть освобождение массового сознания от сковывающих деятельность личности и общества ментальных стереотипов, которые активно насаждались на протяжении трёх десятилетий. Несущими конструкциями этих стереотипов были пресловутый “вашингтонский консенсус” и парадигма “конца истории” Ф. Фукуямы [2] как определяющие начала политического поведения человечества. Одним из результатов этого своеобразного идейного застоя (исключавшего появление альтернативных политических проектов) стала, в частности, закредитованность мировой экономики, сопровождавшая в последние десятилетия деятельность международных (по сути дела, западоцентричных) экономических и политических институтов.

Если перевести дефиницию “закредитованность” на бесстрастный язык статистики, то долги мировой экономики составляют выходящую за пределы воображения сумму в более чем два квадриллиона долларов (два с пятнадцатью нулями). О чём говорит эта цифра? Прежде всего о том, что модель развития мировой экономики после 25 декабря 1991 г. на основе принципов “вашингтонского консенсуса” оказалась недееспособной. Усечённая глобализация [3], разделившая мир на так называемый золотой миллиард, с одной стороны, и остальных [4] — с другой, никак не соответствует нынешней расстановке сил на глобальном уровне, что можно наблюдать в режиме реального времени. Вывод в данном случае однозначный: подновление старой модели, политически подпираемой “миром, основанным на правилах”, тормозит развитие человечества, тогда как накапливавшиеся в последние три десятилетия противоречия и конфликты имеют высокую вероятность разрядиться вселенским социальным взрывом.

Далеко не всегда мы придаём должное значение тому обстоятельству, что переход к новой организации ойкумены — это не только политэкономический и геополитический процесс. Немаловажное значение в осевое время мировой истории [5] имеет и понимание необратимости глобальных сдвигов на уровне массового сознания. Можно утверждать, что движение к поли-

центрическому мировому устройству одновременно означает освобождение сознания от сковывающих его поступательное развитие ментальных конструктов, унаследованных от прошлого. Эти конструкты мешают свободному течению мысли и выбору независимой модели поведения, опирающейся на рациональное понимание собственных интересов. Такими сковывающими началами выступали производные от “вашингтонского консенсуса” идеи конца истории и экономические теории институционального направления, априори исключавшие выход исследователя за пределы границ, очерченных победителями холодной войны.

ТЕОРИИ ОБЩЕСТВЕННОЙ ЭВОЛЮЦИИ КАК ОТРАЖЕНИЕ ПРОЦЕССОВ МИРОВОГО РАЗВИТИЯ

Словно полемизируя с Ф. Фукуямой, индийский прогнозист П. Ханна заметил: “История не закончилась — она вернулась” [6, с. 12]. Под возвращением истории футуролог имел в виду прежде всего перегруппировку геэкономических и геополитических сил в Евразии, где проживает более 5 млрд человек и где расположены две самые населённые страны мира — Индия и Китай, в которых совокупно насчитывается 3 млрд человек. “Век Азии”, о котором говорят уже около 30 лет, означает возвращение на новом витке цикла к периоду до первой промышленной революции, когда совокупный валовой внутренний продукт (ВВП) Китая, Индии и Японии (исчисленный Э. Мэддисоном по паритету покупательной способности — ППС) превосходил аналогичные показатели США, Великобритании, Франции, Германии (в границах 1871 г.) и Италии вместе взятых [6, с. 2].

“Век Азии” (точнее, глобального Востока и Юга) — это не только перегруппировка геополитических сил; новый мировой порядок предполагает выдвижение на руководящие позиции “правлящих и господствующих групп” (как эту общность определял М.А. Чешков [7]), обладающих ясными представлениями о *стратегии* действий в конкурентной мировой среде ближайшего будущего и готовых добиваться своих целей путём компромисса, согласования разноречивых интересов всех членов-участников международной системы. Понимание характера и содержания мира будущего — серьёзная проблема для западных элит. “В сознании самодовольных западных интеллектуалов, — считает П. Ханна, — оказываются смешаны жизненные обстоятельства, с одной стороны, и идеи [призванные организовать мироздание — *А.В.*] — с другой, как будто последние продолжают оказывать определяющее влияние на судьбы мира, хотя первые [то есть сложившаяся после распада СССР расстановка геополити-

тических сил — *А.В.*] уже не приносят пользу человечеству. Однако соревнование идей происходит не в вакууме, но на основе их сравнительного влияния в реальном мире” [6, с. 13].

В научной литературе становление нового, “постамериканского”, мира [4] принято связывать прежде всего с превращением основной части глобального пространства из объекта хищнической эксплуатации Запада в реальную силу мирового исторического процесса. Авторитетный индийский историк международных отношений З. Даулет Сингх полагает, что после 24 февраля 2022 г. “международное сообщество тщательно уклонялось от послушного следования за Западом. Вместо этого глобальный Юг [в новых геополитических обстоятельствах — *А.В.*] нашёл возможности отстаивать собственные интересы и таким образом поддерживать многополярный мировой порядок, в котором менее сильные государства отныне могут заключать выгодные сделки с главными глобальными игроками” [8]. Логически выверенная аргументация общего характера нуждается в конкретизации и детализации.

“Сумерки Запада” начали обретать конкретные очертания уже в конце 1990-х годов, когда ничто, казалось бы, не могло поколебать геэкономическую и геополитическую прочность *Rax Americana*. Однако уже в конце прошлого века во внутренней жизни “коалиции победителей” обнаружилось серьёзное внутреннее противоречие. Одержав победу в холодной войне, отмечал британский исследователь К. Коукер, коллективный Запад не преодолел имманентные для этой группы стран противоречия, которые были заложены в модель его поведения после окончания Второй мировой войны. Атлантический альянс “так и не приобрёл качество подлинной политической общности [курсив мой — *А.В.*], о которой грезил её отцы-основатели, тогда как сама идея альянса не получила глубокого понимания среди населения Западной Европы. Неспособность выйти за узкие рамки договора о создании блока НАТО сделала Североатлантический альянс антисоветской коалицией в условиях, когда СССР более не существовал. И это было фиаско, потому что альянс превратился в лишённое смысла существование сообщества, в котором Соединённые Штаты сами подвергались наибольшему риску, поскольку их союзники мало что могли сделать для собственной защиты” [9, с. 61]. Можно предположить, что данное обстоятельство препятствовало *идейной консолидации* американоцентричного мира и впоследствии косвенно стимулировало глобальный многомерный кризис, который в настоящее время подталкивает к становлению полицентрической международной системы.

К концу первой четверти XXI столетия человечество оказалось в ситуации *отложенного разви-*

тия. Иначе говоря, распад “противоцентра” (СССР) в конце XX в. притормозил ход объективных исторических процессов *диверсификации* мира, но никоим образом их не элиминировал. Поэтому неизбежно возвращение человечества к своему естественному, полицентрическому состоянию, предполагающему повторное обращение к извечным проблемам, которые оказались как бы заморожены под влиянием сложившейся в конце 1980-х — начале 1990-х годов геополитической конъюнктуры, зримым проявлением которой стал “вашингтонский консенсус” [10, с. 6—31]. Таким образом, кризис моноцентричного мироустройства и энергичное формирование многополюсного мира объективно требуют содержательного пересмотра социальных теорий, продиктованных логикой макроэкономической политики МВФ и Всемирного банка.

Включённость переходных обществ и развивающихся стран в международное разделение труда на принципах подчинения ставит перед человечеством и обществознанием проблемы универсального характера; существо этих проблем сводится к следующим тезисам-вопросам. Во-первых, как в спрессованные историческим процессом сроки преодолеть отсталость и зависимость, поддерживаемые “порядком, основанным на правилах”? Во-вторых, какой должна быть модель развития, позволяющая обеспечить форсированный, но не сопровождающийся социальными катаклизмами экономический рост и социальный прогресс? В-третьих, как осуществить сопряжение демократии политической и демократии социальной, то есть защиту прав человека и равенство возможностей, равный доступ к источникам экономического роста?

В XX в. попытки сформулировать ответы на эти вопросы имели следствием кристаллизацию нескольких методологических направлений. В советской науке о развивающихся странах было выделено три главных исследовательских подхода, в рамках которых переходные общества оценивались с точки зрения их внешнеполитической ориентации и стратегий экономического и политического развития. Соответственно сформировались три методологических подхода: неоколониалистский, национально-этатистский, леворадикальный [7].

Так, логика рассуждений в рамках *неоколониалистского* (западоцентристского) направления подводила освободившиеся от зависимости страны к необходимости имитировать апробированные в странах Запада рыночные и государственно-монополистические модели социально-экономического развития и адекватные им концепции политической модернизации. Эти модели и их авторы имплицитно отталкивались от представления о возможности автоматического приспособления

традиционной (то есть до- и раннеиндустриальной) общественной среды и регулирующих её жизнедеятельность специфических социальных, институциональных и социокультурных связей к экономическим и политическим условиям сложившихся индустриальных социумов. Предлагавшиеся концепции экономического роста и политической модернизации, с одной стороны, преследовали цель осмыслить особенности социально-исторического опыта переходных обществ, а с другой — были призваны стать своеобразной “научной” основой внешнеэкономической и внешнеполитической стратегии метрополий в постколониальный период. По мнению советского экономиста Н.А. Лидлейна, сторонники западоцентристского направления полагали, что “массированная инъекция иностранного капитала, дисциплина и организационные формы, диктуемые современной техникой, бурное развитие рыночных связей, расширение образования не только будут служить мощными стимулами индустриализации, но и вызовут крушение традиционных общественных институтов, автоматически обеспечивая решение насущных социальных задач” [12, с. 220]. Можно утверждать, что наиболее общей определяющей чертой концепций модернизации стал ориентированный на идеал — типический опыт Запада — *узкоэкономический* подход к сложной, насыщенной важными и специфическими деталями социальной действительности обществ “третьего мира”. Содержание и последствия внедрения такого рода концепций образно и ёмко определил югославский философ М. Маркович: “Модернизация развивающегося мира никогда не была чем-то большим, нежели вестернизацией, грубым подчинением слаборазвитых стран западным моделям социальной организации” [13, с. 37].

Период наибольшей активности *национально-этатистского* направления общественной мысли пришёлся на вторую половину 1960-х — 1970-е годы, что вполне закономерно. В науках о переходных обществах появление данного направления стало естественной реакцией на кризис методологических основ западоцентричных построений, не выдержавших проверки сложной организованной социально-политической действительностью развивающихся стран, включая такое государство-цивилизацию, как Индия. Во второй половине 1960-х годов наблюдался переход к экономическим и политическим теориям, в рамках которых учитывались как социально-экономические потребности переходных обществ, так и их традиционное культурное наследие, неизбежно корректирующее темпы и масштабы процесса трансформации социума. Национально-этатистское направление концептуально сформировалось тогда, когда стала очевидной неспособность политических моделей, созданных по евро-североамериканским стандартам, обеспечить син-

хронно форсированную перестройку социально-экономической структуры, с одной стороны, и более-менее эгалитарное распределение материальных ресурсов общества в пользу массовых слоёв населения — с другой. Ощущение несправедливости экономического процесса значительно сужало социальную основу политической власти в развивающихся обществах. Ведущим идейно-политическим ориентиром для сторонников национально-этатистского направления служил поиск широкого общественного согласия относительно целей развития общества, системный подход, сочетающий в себе анализ процессов в социально-экономическом базисе общества и их влияния на сдвиги в распределении политической власти [14, 15].

Особое место в изучении экономической и социально-политической проблематики переходных обществ занимали работы авторов *леворадикального* направления. Применительно к развивающимся странам это направление методологически сформировалось в начале 1970-х годов на фоне, во-первых, дискредитации в академических кругах западоцентристских моделей преобразования переходных обществ, во-вторых, стремления преодолеть теоретическую беспомощность теорий “политической модернизации” при истолковании общественных процессов в освободившихся от колониальной зависимости странах Азии и Африки [11]. Одной из движущих сил леворадикального направления в изучении “третьего мира” стало, как отмечал в своё время Б.С. Старостин, “растущее влияние на мировое обществоведение марксистской мысли”, связывавшей социальный прогресс переходных обществ “с самыми широкими и глубокими преобразованиями всей системы общественных отношений... его политических, культурных и социально-психологических институтов” [16, с. 8].

Как правило, работы леворадикального направления отличаются выверенной теоретической структурой, достаточно эффективная для анализа социальных проблем экономической и политической системы, функционирующей в условиях периферийной капиталистической слаборазвитости. Леворадикальные авторы фактически оперируют категориями *классового* анализа, для них характерен отказ от узкотехнологического подхода к преодолению отсталости и зависимости, характерного для концепций “рыночного решения” в рамках западоцентризма [17]. Некоторые ведущие теоретики леворадикального направления (С. Фуртадо, Ф.Э. Кардозо, А.Г. Франк, С. Амин) обоснованно утверждали, что западоцентристские концепции экономической и политической модернизации оказались недееспособными на периферии мирового капиталистического хозяйства, то есть там, где диспропорции между бедностью и богатством, между современ-

ным и традиционным секторами хозяйства носят вопиющий характер и возрастают ускоренными темпами, где усиление репрессивных функций государства стало следствием попыток местных господствующих классов повысить конкурентоспособность экономики периферийного общества на мировом капиталистическом рынке.

Авторы леворадикального направления полагают, что переходные общества развиваются в условиях постоянного интенсивного влияния дуализма их социально-экономической структуры, её имманентной неоднородности. Дуализм переходных обществ проявляется на нескольких срезах жизнедеятельности социума: экономическом (генетически свойственное социально-экономической структуре неравенство в распределении доходов между различными группами населения), технологическом (изначальное расслоение хозяйственной системы на два сектора, олицетворяющие натурально-традиционный и индустриальный кластеры производительных сил), пространственно-географическом (анклавный характер капиталистического развития, сохранение обширных пространств до- и раннеиндустриальных институтов хозяйственной деятельности, так называемых лиминальных поясов), духовно-интеллектуальном и политическом (доступность современных предметов культурного и информационного потребления исключительно элите).

Характерная для леворадикального направления своеобразная политэкономическая доминанта зримо присутствовала в региональных и страноведческих исследованиях. Традиционно данное направление имело многочисленных сторонников в Индии, где изначально присутствовали условия для макросоциального анализа, имея в виду внушительные разрывы в уровне развития различных штатов, значительное социально-имущественное расслоение населения, стойкое сохранение традиционных институциональных связей (каста, община), наконец, глубокую дезинтеграцию национального хозяйства. Посвящённые Индии исследования леворадикального направления появились в середине 1970-х годов; тогда увидели свет работы З. Масани [18], Д. Хиро [19], Д. Селборна [20]. В начале 1980-х годов была опубликована книга бангладешского автора А. Сена, в которой рассматривались теоретические проблемы эволюции индийского государства и процессы образования классов в период независимости [21]. Большинство работ леворадикальных индологов заряжены идеями теории *зависимого капиталистического развития*, в них ошутимо осознание всесторонности связи неокOLONIALИЗМА и периферийной слаборазвитости, характерное для общетеоретических построений таких авторов, как А.Г. Франк, Ф.Э. Кардозо, Э. Фалетто, С. Фуртадо, С. Амин [22–24].

Итак, к концу 1970-х годов западцентристское направление фактически было вынуждено покинуть авансцену теорий социального развития переходных обществ. Однозначная ориентация на ценности, нормативы и институты западных обществ, якобы способных играть роль регуляторов политической жизни и амортизаторов социальных напряжений в “третьем” мире, вошла в противоречие с действительностью, подтверждением чего стала, например, исламская революция 1978–1979 гг. в Иране. Отныне динамике развития теорий модернизации переходных обществ определяла диалектика взаимовлияния национально-этатистских и леворадикальных концепций, что отражало реальную расстановку социально-политических сил в развивающихся странах. Следует подчеркнуть, что различия между этими направлениями экономической и политической мысли были выражены недостаточно чётко; они касались главным образом оценки роли государства в социально-экономическом и политическом развитии переходных обществ. Если национал-этатисты [15, 25] придерживались идей и принципов независимого капиталистического развития (лейтмотив их концепций — признание *безальтернативной* роли государства в общественном развитии), то леворадикальные авторы куда более сдержанно оценивали потенциальную прогрессивность национального государства и его способность действовать в интересах массовых слоёв населения.

Основная причина отсутствия чётких идейно-политических различий между исходными представлениями авторов двух вышеназванных направлений в конечном счёте кроется в том, что в таких странах, как Индия, социальные противоречия модернизации приобрели более острые формы, чем, скажем, в обществах Дальнего Востока. А это означало, что стратегия форсированной экономической модернизации оказывалась политически рискованной для правящих кругов страны, причём уже вскоре после завоевания суверенитета. Социальные издержки форсированной капиталистической модернизации для трудоизбыточных экономик, подобных Индии, её влияние на массовое сознание в своё время выразительно описал американский автор Л. Вейт: “Недостаточная притягательность капитализма для масс предопределена не только его безразличием к [социальной — *А.В.*] справедливости, но также его отождествлением с политикой свободной торговли [в данном случае невмешательством государства в социально-экономические отношения — *А.В.*] и инациональным господством колониального периода” [26, с. 24].

Следует сказать, что различия в описании переходных обществ у последователей западцентристского подхода, с одной стороны, и у национал-этатистов и леворадикалов — с другой, рас-

пространялись и на научную методологию, понятийный аппарат, аналитический инструментарий. Сторонники западоцентристского восприятия развивающихся стран уповали на действенность *структурно-функциональных* методов социального анализа, которые к началу 1930-х годов достигли в западной социологии развитых форм, а впоследствии использовались в концепциях политической модернизации, ориентированных на переходные общества. Повышение устойчивости экономических и политических систем в африканских и азиатских странах представлялось сторонникам данного метода как процесс структурной и функциональной дифференциации традиционных обществ с перспективой возникновения социальных связей индустриально-капиталистического типа и последующей легитимацией представительной демократии и её институтов [16, с. 52–59]. Исследовательские задачи в этом случае ограничивались описанием межпартийной борьбы, противостояния оппозиции и власти и других надстроечных явлений; в результате политические процессы оказывались изолированы от социально-экономической эволюции переходных обществ.

В такого рода научных построениях переходное общество предстало как некая совокупность социальных и политических институтов, связанных отношениями взаимозависимости, а его эволюция истолковывалась как следствие дифференциации социальных институтов, функций или ролей, но не как отражение динамики социально-экономических процессов. Понятно, что невнимание к ведущей роли политической экономии развития значительно ограничивало эвристические возможности структурно-функционального анализа, особенно применительно к таким сложноорганизованным общественным системам, как Индия или страны Африки. Поэтому трудно возразить советскому исследователю Э.Г. Юдину, полагавшему, что методология структурно-функционального анализа содержательна тогда и постольку, когда и поскольку “она не претендует на *универсальность* [курсив мой — А.В.] обеспечиваемых ею выводов и... не превращается в идеологию. Именно поэтому функционализм оказывается эффективным исследовательским средством при анализе малых социальных групп и при построении теорий, относимых в социологической литературе к теориям среднего уровня, и вместе с тем эффективность его резко падает при попытках выйти за эти пределы” [27, с. 125, 126].

Западоцентристский подход к изучению переходных обществ имел значительное число сторонников до второй половины 1960-х годов. Национально-этатистская и леворадикальная парадигмы возникли позже, уже в период суверенитета в прошлом зависимых государств, в связи с углублением противоречий капиталистического

развития освободившихся стран. Национально-этатистское направление идеологически было связано с парадигмой автономного капитализма и возникло в период относительно поступательного развития Индии и других переходных обществ. В то время популярными стали концепции *децентрализации* экономической и политической власти, что, как предполагалось, повысит жизнеспособность модели общественного развития Индии и других “композитных” (сложносоставных) обществ.

Появление леворадикального направления в изучении развивающихся стран, на наш взгляд, логично связывать с наступлением системного кризиса капитализма (экономического, политического, мировоззренческого) в переходных обществах. Так, исходным пунктом для многих леворадикальных индологов стало введение чрезвычайного положения в “крупнейшей демократии мира” (середина 1975 г.): это событие рассматривалось как попытка повторной консолидации индийского общества на платформе капиталистической модернизации. Ставилась цель показать, что избранная в 1947 г. модель экономического развития противоречит интересам массовых слоёв населения и что выход из создавшегося положения предполагает разрыв связей с глобальной системой неокOLONиальной эксплуатации.

Таким образом, к началу 1980-х годов диалектику трансформации теорий общественной эволюции во всё возрастающей степени начинает определять творческое противоборство национал-этатистов и леворадикалов.

РАСПАД PAX AMERICANA И ВОЗВРАЩЕНИЕ К ПАРАДИГМЕ РАЗВИТИЯ

В 1970–1980-х годах так и не была создана целостная теория развития. Под *развитием* в 1980-е годы понималось преодоление экономической отсталости и слаборазвитости, в качестве индикаторов которого рассматривались: растущая диверсификация и специализация народного хозяйства, интенсификация обмена между отдельными территориями внутри той или иной страны, рост производительности и продуктивности труда, повышение уровня жизни массовых слоёв населения. В сфере политических отношений развитие подразумевало приобщение к современным (западным) способам управления, социализированным правилам политического поведения (регулярные и прозрачные выборы, например), интериоризацию (ненасильственное принятие обществом) институтов политического представительства, использование “институционализированных” (отработанных) процедур согласования интересов и разрешения социальных конфликтов.

Тогда, в 1980-е годы, в науке о развивающихся странах присутствовала известная терминологическая путаница. Не были надлежащим образом разведены такие основополагающие понятия социально-экономического и политического анализа, как “модернизация” и “развитие”, что ограничивало возможности познания сложной действительности переходных обществ и выработки действенных рекомендаций для последующего их применения во внешнеполитической деятельности. Не была сформулирована и методологически единая и внутренне непротиворечивая теория развития переходных обществ. Дело в том, что представители различных школ и течений “девелопментализма” акцентировали внимание либо только на материальных, либо только на идеальных (морально-этических) факторах эволюции общества, иначе говоря, на изменении материальных условий жизни, социальных структур и институтов политического представительства и управления, с одной стороны, или на совершенствовании личности, выступающей как условие и субъект трансформации социума — с другой.

Относительный консенсус между двумя направлениями исследований “третьего мира” сложился вокруг основной задачи развития переходного общества, в качестве которой рассматривался рост валового внутреннего продукта (ВВП) и его сравнительно равномерное (“справедливое”) распределение. В социально-политических исследованиях доминировали такие темы, как роль различных групп, особенно элитных, в трансформации переходных обществ, а также природа конфликтов и способы их урегулирования. Непременным спутником такого рода изысканий была дихотомия *традиционализм—современность*. Некоторые авторы обращали внимание на специфические черты психики, мышления, сознания, поведенческих мотиваций как на факторы социальной организации переходного общества, косвенно сказывающиеся на особенностях экономики. Были предложены своеобразные портреты двух типов обществ и олицетворявших их личностей — традиционного (стационарного) и современного (динамичного); предпринимались попытки выявить социопсихологические характеристики человека современного, с одной стороны, и традиционного — с другой.

Среди основных характеристик “человека традиционного” назывались: пассивность, созерцательность, иррационализм мышления, непоколебимая приверженность заведённому порядку вещей, клановая и племенная солидарность, нечётко выраженное сознание ответственности, боязнь нововведений, неумение ценить время и бережливо его использовать, негативное отношение к труду и т.п. Обладающая подобными качествами личность рассматривалась как “неразвитая”, неспособная к самоидентификации и отста-

иванию своих рационально понимаемых интересов. Внутренний мир подобной личности стеснён узкими рамками политэкономии простого воспроизводства. Напротив, “человек современный”, воплощавший динамичный образ жизни, наделялся такими чертами, как мобильность (территориальная и социальная), внутренняя организованность и общественная активность, рациональность поведенческих мотиваций и проявлений, развитые навыки абстрактного мышления, склонность к разумному и оправданному риску, расчётливость [28]. Делался вывод о необходимости внедрения в ткань переходного общества “современных” установок и ценностей, поскольку, как предполагалось, без перестройки внутреннего мира личности и изменения отношения человека к окружающей действительности модернизация невозможна; косметические изменения, то есть формальное заимствование институтов политического представительства, не только не стимулируют экономический рост, но превращают процесс развития в профанацию осовременивания, и переходное общество терпит крах.

В сущности, тезис о *безальтернативности* модернизации личности равнозначен марксистскому положению о совершенствовании духовно-интеллектуальной структуры производительных сил общества. Однако отсутствие *сознательного* начала (воспитательной функции государства) лишь усиливает диспропорции между имеющимися возможностями хозяйственной системы и постоянно растущими запросами населения, порождаемыми демонстрационным эффектом — стремлением, прежде всего молодёжи, имитировать модели материального потребления, принятые в странах Запада. Такого рода противоречие имеет следствием рост напряжённости и обострение конфликтных ситуаций в обществе. Несоответствие между развитой моделью потребления, с одной стороны, и слабо развитой моделью производства — с другой, усиливает нагрузку на политическую систему, делает её хрупкой, неспособной противостоять волнообразно нарастающим требованиям населения, что порождает политическую нестабильность и периодические кризисы власти (типа “арабской весны” 2010–2012 гг.).

Как уже было сказано, категория “развитие” в конце прошлого века ещё не получила чёткого и непротиворечивого научного определения. Сложилось представление общего порядка о *комплексной формуле* развития, включая экономическую, социальную, культурную, интеллектуальную и иные переменные. Экономическое развитие рассматривалось как комплексный процесс, охватывающий индустриализацию общества, модернизацию сельского хозяйства, достижение равновесия между производством и потреблением, а также диверсификацию внешней

торговли, ликвидацию неравноправных отношений с Западом, установление нового международного экономического порядка. Среди социальных аспектов развития в качестве императивов упоминались трансформация традиционных социальных институтов и отношений, повышение уровня жизни, достижение большей равномерности в распределении доходов, доступ к благам культуры, образования, здравоохранения и т.д. Под стратегией развития понимался комплекс экономических, политических, идеологических и социокультурных факторов, синхронное воздействие которых на социальную среду переходных обществ имело целью ускорить перемены, создать предпосылки для равноправного взаимодействия отставших в своей эволюции обществ с промышленно развитыми странами в международной политической и экономической системе [29].

Успех общественных преобразований в переходных обществах напрямую связывался с наличием в освободившихся странах *социальных носителей развития*. Социальная структура большинства развивающихся стран не содержала в себе массовые социальные общности, способные стать движущей силой модернизации. Фрагментированные (многоукладные [30, с. 21–35]) общества изначально испытывали трудности в создании диверсифицированного национального хозяйства, способного к самоподдерживающемуся росту и форсированному расширенному воспроизводству. Сложность диверсификации народного хозяйства, как было показано Г.К. Широковым, А.П. Колонтаевым и другими индологами, проистекала также из изначально глубокой дезинтеграции национальной экономики, которая усугубилась в колониальный период [31, с. 3–59]. Иными словами, процессы дифференциации и суверенизации социальных институтов и создания отработанных механизмов согласования разноречивых интересов предполагали сознательную деятельность государства, внесение принципа *политической обязательности* в трансформацию переходных обществ.

Естественная эволюция теорий общественно-го развития была заторможена вследствие распада Советского Союза — мирсистемного противостояния, самым своим существованием питавшего критическую (то есть неаполитическую по отношению к Западу, его институтам и практикам) мысль, частью которой было объективное изучение “третьего мира”. В однополярном мире многие развивающиеся страны на собственном опыте познали, что такое “вашингтонский консенсус”, отчуждение суверенитета, отказ от роли государства — регулятора, призванного смягчать разрушительные действия внешних игроков (прежде всего транснациональных компаний). В сфере массового сознания и психологии распад “миро-

вого либерального порядка” означает освобождение основной части человечества от иллюзий глобального управления и переход к здравому смыслу, ориентации на национальное развитие. Такое поступательное движение экономист-китаевед А.И. Салицкий называл “переходом от реформ к развитию” [32]. Эта ёмкая дефиниция предполагает непротиворечивое восприятие как самого понятия “развитие”, так и понимания его места в системе координат современного знания о переходных обществах. Представляется целесообразным соотнести феномен развития с такими явлениями-категориями, как *модернизация* и *реформа*.

1. *Модернизация* — это форсированный процесс трансформации общества в исторически спрессованные сроки. На Западе осовременивание общества носило эволюционный характер, происходило на протяжении длительного исторического времени, поэтому развитие западного социума в строгом смысле модернизацией не является.

2. *Реформа* выступает как конкретный инструмент модернизации, определяя основные её этапы и содержание каждого из них: первый — осознание “творческим меньшинством” общества (А. Тойнби) недееспособности старого режима; второе — формирование долгосрочного видения перспектив социума, то есть стратегии развития; третье — формулирование макроэкономической политики — текущей и среднесрочной.

3. *Развитие*, с учётом вышеизложенных соображений, можно интерпретировать как исторический процесс, синтезирующий в себе экономический рост, максимально возможную занятость и прогрессирующее снижение социально-имущественных диспропорций, препятствующих поступательной эволюции социума. В ходе данного процесса формируется новый тип личности, *человек современный*, воспринимающий мир сквозь призму собственных интересов; политическим выражением подобной эволюции становится диверсификация общественных институтов и становление представительного правления.

Разрушение “вашингтонского консенсуса” под воздействием естественно-исторических факторов, утверждение большинства участников мирового политического процесса в качестве его сознательных субъектов, трансформация Pax Americana в глобальный порядок полицентрического типа — все эти тенденции возвращают человечество в состояние до 1991 г., но уже на новом, более высоком уровне геополитического равновесия. После 30-летней заморозки исторический процесс возобновился. Ретроспективный анализ показывает, что в этот своеобразный переходный период общественная мысль находилась в состоянии деятельных поисков парадигмы постамериканского развития. На наш взгляд, неприятие Pax Americana определённым образом сблизило по-

зиции исследователей национально-этнического и леворадикального направлений, которые начали выступать за “возвращение истории” с близких идеологических позиций. Точкой схождения научных поисков стало именно *развитие*, конкретная цель которого — построение в переходных социумах *общества среднего класса*. В послевоенный период подобная модель общества с центральной ролью среднего класса рассматривалась на Западе как эффективная антитеза идеям социализма и классовой борьбы — движущей силы эволюции общества.

В настоящее время средний класс составляет значительную часть населения в Индии и Китае (примерно 300 и 450 млн человек соответственно), а также в некоторых других развивающихся странах. Нестрогая, подчас аморфная трактовка этого социально-структурного образования (выделяемого на основе критериев уровня образования и доходов, стандартов материального и духовно-интеллектуального потребления, владения собственностью, способности к высококвалифицированному труду) затрудняет определение пространственных границ среднего класса в незападных обществах. Так, если индийские авторы оценивают его численность в стране в 300 млн человек, то западные специалисты снижают эту цифру в 2–2.5 раза. Однако отрицать его ведущую роль в прогрессе общества на глобальном Юге западные учёные не решаются, ибо “нигде экономика не может функционировать без покупательной способности значительного по размерам и разрастающегося среднего класса” [33, с. 161].

Развитие и средний класс неразделимы в том смысле, что первое выражает восходящую траекторию движения общества, тогда как второй самой своей деятельностью обеспечивает поступательную эволюцию социума, переход его на более высокий уровень равновесия. Попытки сформулировать парадигму, сопрягающую стратегию экономического и социально-политического развития, предпринимались как минимум с середины 1970-х годов. Уже тогда были определены четыре взаимосвязанных направления деятельности государства по модернизации переходных обществ: интеграция гетерогенной социальной и национальной (в первую очередь в полиэтнических государствах, особенно в Африке) структуры; экономический рост как инструмент повышения жизненного уровня массовых слоёв населения и амортизатор возникающих в процессе модернизации всевозможных конфликтов; снижение межклассовых и межгрупповых имущественных и иных диспропорций (социальная справедливость), а также выравнивание межрегиональных дисбалансов; внедрение политической демократии в среду, где глубоко укоренилась статусная (сословно-кастовая, общинная и т.п.) иерархия, поддерживающая узурпацию экономической и

политической власти крайне ограниченным кругом лиц.

Таким образом, основной целью развития выступал демонтаж инертной (стационарной, традиционной) социально-экономической структуры, лишение её способности к саморазвитию. Важными составляющими стратегий развития выступали мобилизация низших слоёв общества в их противостоянии с доминирующими социальными группами, прежде всего в сельской местности, а также приобщение ранее пассивных слоёв населения к политике [15]. “Вовлечение в развитие” впоследствии расширило массовую базу поддержки национального государства, повысило гибкость политических институтов и манёврность политической системы.

Стимулирование (со второй половины 1960-х годов) развития и диверсификации среднего класса за счёт политики экономического роста имело и негативные последствия, в частности, расширение “параллельной экономики”, в рамках которой возникли собственные автономные структуры производства, накопления, капиталовложений и потребления. Особенность среднего класса во многих незападных обществах, возможно, связана с его двойственным положением — между Сциллой заимствованных из бывших метрополий форм развитого промышленного производства и Харибдой исторически обречённых форм традиционных, преимущественно докапиталистических, способов хозяйствования (ремесленники, мелкие торговцы, арендаторы).

Силой, призванной преодолеть дезинтеграцию экономики и социальной структуры переходного общества, самой историей избрано *национальное государство*. И это закономерно, ибо неспособность национальной буржуазии и ассоциированных с ней групп стать движущей силой процесса развития в условиях взаимодействия переходных обществ с более развитыми социально-экономическими системами компенсируется гегемонией политического начала, философским обоснованием которой является *этатизм* — идеология и практика ведущей роли государства. Поэтому в переходных обществах национальное государство развивается автономно от классообразовательных процессов (что в разных странах выражено в разной степени), и нынешняя повсеместная тенденция к восстановлению суверенитета по отношению к коллективному Западу отражает тяготение большинства переходных стран к возврату во внутренней политике к основополагающим идеям развития. На Западе это вызывает неприятие. Скажем, жёсткая критика Дж. Соросом и другими представителями глобалистских элит деятельности правительства Индии во главе с Н. Моди — проявление тревоги “транснационалов” [34] относительно растущего стремления

стран глобального Юга укрепить социально-экономические основы политики стратегической автономии в отношениях с “золотым миллиардом”.

В прошлом стратегическая автономия стран “третьего мира” во внешней политике опиралась на дееспособное национальное государство, которое, связывая воедино социально фрагментированное общество, обрело свободу манёвра в международной среде, нередко используя поддержку Советского Союза. Стабилизирующая роль национального государства объективно возрастает в современных условиях, в период трансформации мировой системы, её перехода к многополярности. Сама идея развития выражает давно вынашиваемую человечеством мечту о *новом мировом экономическом порядке* (НМЭП), которая после распада Советского Союза на время как бы утратила актуальность. Выдающийся индийский экономист С. Чакраварти полагал, что развитие непременно включает в себя такие элементы, как: творческое использование накопленного обществом человеческого капитала (то есть знаний и умений народа) в реальном экономическом процессе; гибкое внедрение новых технологий и создание благоприятных условий для их распространения в обществе; использование потенциала государства при урегулировании конфликтов между различными группами интересов внутри страны и для снижения социальных издержек, связанных с перемещением иностранного капитала в условиях неравномерного экономического роста в мире [35, с. 38].

Интересно, что тяга к развитию у переходных обществ поддерживается и их исторической памятью. Так, на основе обширных межстрановых сопоставлений видный индийский экономист А.К. Багчи сделал вывод о том, что, за исключением Нидерландов и Англии, европейские страны не превосходили Индию, Китай и Японию в экономической организации общества, правах собственности, зрелости гражданских отношений вплоть до конца XVIII в. Развитие экономических отношений в континентальной Европе определённо ускорилось лишь под воздействием промышленной революции в Англии, которая впоследствии начала диктовать законы становления индустриального способа производства остальному миру [36, с. 174].

Начавшийся пересмотр стратегий общественной эволюции, возвращение человечества к парадигме развития объективно подталкивает перегруппировку сил в международной системе, которая приобрела необратимый характер. Превращение Китая в первую экономику мира, энергичный рост народного хозяйства Индии, настойчивое самоутверждение бразильской цивилизации с очевидной геополитической проекцией, преодоление Россией исторической усталости и актив-

ная защита собственных национальных и глобальных интересов — эти и другие обстоятельства требуют обновления моделей взаимодействия на мировой арене. И одним из важных элементов этой тенденции становится повестка развития, предполагающая всеобъемлющее осовременивание переходных обществ и укрепление горизонтальных связей между ними. Установление и диверсификация взаимодействия внутри общности глобального Юга диктуют в том числе соображения практического свойства. Ослабление экономических позиций Запада естественным образом подталкивает переходные общества к коллективным усилиям, прежде всего к выработке общей программы действий, идейным стержнем которой становится стратегия развития на обозримое будущее.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Бегство от Запада имеет фундаментальные политэкономические причины. Неплатёжеспособность западных экономик восходит к 60-м годам прошлого века. В 1970-х годах экономики западного мира вступили в период длительного спада, который характеризовался низкими темпами роста и затяжным замедлением динамики реального сектора народного хозяйства. Уже с начала 1980-х годов доля производственного сектора в экономиках ядра мировой капиталистической системы начинает зримо сокращаться. К 2019 г. удельный вес данного кластера хозяйства составлял 8.8% в Великобритании и 11.1% в США. Из развитых стран только в Германии и Японии доля промышленного производства оставалась на относительно высоком уровне — 21 и 20.8% соответственно [37, с. 13]. Иными словами, господство финансового капитала изнутри подрывает основы геоэкономического и геополитического влияния Запада. Помимо финансиализации экономики, фламану западного капитализма, США, уже давно угрожает деградация человеческого капитала, снижение качества производительных сил. Более 30 лет тому назад известный экономист М. Портер с тревогой отмечал: “Несмотря на то, что высшее образование [в США — *A.B.*] обладает мощным профессиональным потенциалом, *среднестатистическое* качество человеческих ресурсов отстаёт от аналогичных показателей других развитых стран. По мере того как конкуренция интернационализируется и всё в большей степени основывается на знаниях, работники, не имеющие надлежащих профессиональных навыков, сталкиваются с тем, что их способности к выживанию всё больше угрожает относительно низкая заработная плата в развивающихся странах. Фундаментальная приверженность совершенствованию людских ресурсов стала политическим императивом” [38, с. 725].

В настоящее время сложился своеобразный дуализм американской экономики, который на поверхности общественной жизни проявляется в обособлении двух групп штатов — “солнечного пояса” (территория к югу от 36-й параллели, иногда именуемая штатами растущих экономических возможностей) и “пояса ржавчины” (бывший индустриальный/фабричный пояс; географически в него включаются: центральная зона штата Нью-Йорк, сегменты штатов Пенсильвания, Огайо, Индиана, Мичиган и Иллинойс), при этом каждая группа субъектов федерации начинает жить по своим экономическим и политическим законам. В “красных” (республиканских) штатах формируется параллельная экономика. Как заметил авторитетный американский урбанист Р. Флорида, “предпосылка большого разрыва — упадок некогда процветающего среднего класса и населенных им районов, которые буквально олицетворяли американскую мечту” [39, с. 116]. Одним из возможных последствий большого разрыва может стать повторение трагических событий 1861–1865 гг. — гражданской войны Севера и Юга.

Со своей стороны Западная Европа, некогда колыбель современной индустриальной цивилизации, лишённая свободного доступа к недорогим российским энергоносителям и ёмкому американскому рынку, оказалась вынужденной взять на себя содержание социально-экономического балласта в лице стран Южной, Восточной и Центральной Европы. Как известно, на этом весьма обширном пространстве траектория становления индустриального способа производства значительно отличалась от эталонной западноевропейской. Помимо того, экзистенциальное бремя северо-западной Европы вследствие приобретённого после распада СССР экономического дуализма (историческое ядро Евросоюза, стабильно противостоящее бывшим социалистическим странам) увеличивается под воздействием активных миграционных потоков с южного и восточного направлений.

Глобальный финансовый кризис 2007–2009 гг. показал остальному миру беспомощность Запада в так называемом глобальном управлении, то есть в регулировании мировых экономических процессов, ради чего были задуманы и глобализация, и “вашингтонский консенсус”, и другие “новаторские” идейные построения. Это не осталось незамеченным в незападном мире. Выступая на Всемирном экономическом форуме в Давосе (январь 2009 г.), премьер-министр Китая Вэнь Жибао подверг недвусмысленной критике США и другие западные страны за проведение “неадекватной макроэкономической политики”, за “неустойчивые модели развития, в основе которых — низкий уровень накоплений и высокий уровень потребления”, за “чрезмерное расширение функций финансовых инструментов в слепой погоне

за прибылью”. Глава правительства КНР указал на “отсутствие самодисциплины у финансовых институтов и рейтинговых агентств”. Прямое влияние кризиса на экономику Поднебесной было, по его словам, “ограниченным ввиду противодействия со стороны банковской системы страны”. Фактически речь шла о *контролирующих функциях* национального государства, противостоявшего деструктивным внешним влияниям. Показательно, что на этот раз именно Китай предостерегал западных лидеров, а не наоборот [40, с. 183].

Простая истина состоит в том, что китайское руководство, обеспокоенное некомпетентным управлением мировой финансовой системой в исполнении коллективного Запада, уже в 2009 г. (а возможно, и раньше) сделало выбор в пользу постепенного отказа от излишней зависимости от потребительского рынка западных стран и активно занялось стимулированием внутреннего спроса, построением общества среднего класса, тем более что уже к концу 2000-х годов численность этого социального слоя в Китае, по некоторым оценкам, составляла более 400 млн человек (37% населения) [41], иначе говоря, значительно превосходила всё население США. Стремление к развитию изначально пронизывало общественно-политическую мысль Китая. Требование восстановить историческую справедливость, при всех особенностях тогдашней революционной риторики, явственно ощущалось в речи руководителя КПК Мао Цзэдуна 1 октября 1949 г., в день образования Китайской Народной Республики: “Китай всегда был великой, мужественной и трудолюбивой нацией; и только в нынешнее время мы отстали в своём развитии. Это отставание было предопределено угнетением и эксплуатацией со стороны иностранного империализма и внутренних правителей-реакционеров” [40, с. 151].

События и процессы начала нынешнего века поставили мир перед необходимостью “постамERICANской” (Ф. Закария) перегруппировки сил, способных к действенной реакции на необратимо увеличивающееся экономическое и политическое *разнообразие человечества*. О каких событиях и процессах идёт речь? Вот только наиболее значимые из них: исчерпание Америкой способности к единоличному глобальному управлению; продолжительный и энергичный экономический рост Китая с неизбежными геополитическими последствиями; самоутверждение Индии в качестве государства-цивилизации; преодоление Россией *психологического кризиса*, другими словами исторической усталости, возникшего после распада СССР; оформление целой группы государств — открытых противников мирового либерального порядка (Иран, Венесуэла, КНДР и др.); политическая консолидация на Арабском Востоке, ускорившаяся после “арабской весны”; подъём

национального самосознания в странах Латинской Америки; политическое пробуждение Африки, её выраженное стремление покончить с неокOLONIALИЗМОМ. Безусловно, заметную роль в перегруппировке сил на глобальном уровне играет возрастающая неустойчивость международной финансовой системы, замкнутой на США и их союзников.

Сегодня уже невозможно скрыть очевидное: политекономический дуализм охватил и промышленно развитые страны. Объективно экзистенциальным императивом человечества становится повсеместное преодоление дезинтеграции экономики. Повестка развития выдвигается на передний план как общее условие решения мировых проблем, в то время как порядок, основанный на писанных Западом правилах, уступает место более сложным формам организации мирового пространства. На новом витке мирового исторического процесса *идея развития* приобретает черты объединяющей человечество силы, а её внешнеполитической проекцией становится *межцивилизационная модель* международных отношений на основе принципов равенства и справедливости.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена в Институте научной информации по общественным наукам РАН при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках исследования “Индия и Китай в последние полвека: сопоставление путей социально-исторической эволюции” (грант № 22-28-01829).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Carpentier de Gourdon C.* It is in the interest of the US and the West to end this conflict with Russia // *Global Order*. Feb. 14. 2023. <http://globalorder.live/post/it-is-in-the-interest-of-the-us-and-the-west-to-end-this-conflict-with-russia> (дата обращения 20.05.2023).
2. *Fukuyama F.* *The End of History and the Last Man*. N.Y.: Free Press, 1992.
3. *Nayar B.R.* *The Geopolitics of Globalization. The Consequences for Development*. New Delhi: Oxford University Press, 2005.
4. *Zakaria F.* *The Post-American World*. N.Y., L.: W.W. Norton & Company, 2008.
5. *Ясперс К.* Смысл и назначение истории / Пер. с нем. М.: Политиздат, 1991.
6. *Khanna P.* *The Future is Asian. Global Order in the Twenty First Century*. L.: Weidenfeld & Nicolson, 2019.
7. *Чешков М.А.* Критика представлений о правящих группах развивающихся стран. М.: Наука, 1979.
8. *Daulet Singh Z.* View from India: NATO's big gamble in Ukraine has failed. <http://en.interaffairs.ru/article/view-from-india-natos-big-gamble-in-ukraine-has-failed/> (дата обращения 10.06.2023).
9. *Coker C.* *Twilight of the West*. Boulder, Colorado: Westview Press, 1998.
10. *Володин А.Г.* Становление полицентрического мироустройства как продолжение геополитических процессов XX века // *Контур* глобальных трансформаций. 2019. Т. 12. № 4. С. 6–31.
11. *Chossudovsky M.* *The Globalisation of Poverty*. Penang (Malaysia): Third World Network, 1997.
12. *Лидлейн Н.А.* Буржуазные теории экономического развития (Критический анализ). М.: Мысль, 1978.
13. *Marcovic M.* *Economic order* // *Seminar*. New Delhi. 1982. № 278. P. 36–42.
14. *Jha P.S.* *India: A Political Economy of Stagnation*. Bombay: Oxford University Press, 1980.
15. *Kothari R.* *Democratic Polity and Social Change in India: Crisis and Opportunities*. Bombay: Allied Publishers, 1976.
16. *Старостин Б.С.* Социальное обновление: схемы и реальность. М.: Политиздат, 1981.
17. *The Underdevelopment of Development. Essays in Honor of Andre Gunder Frank*. L.: Thousand Oaks, 1996.
18. *Masani Z.* *Indira Gandhi: A Biography*. N.Y.: Crowell, 1976.
19. *Hiro D.* *Inside India Today*. L.: Routledge & Paul, 1976.
20. *Selbourne D.* *An Eye to India. The Unmasking of a Tyranny*. Harmondsworth: Penguin Books, 1977.
21. *Sen A.* *The State, Industrialization and Class Formations in India: A Neomarxist Perspective on Colonialism, Underdevelopment and Development*. L.: Routledge & Kegan Paul, 1982.
22. *Cardoso F.H., Faletto E.* *Dependency and Development in Latin America*. Berkeley: University of California Press, 1978.
23. *Frank A.G.* *Dependent Accumulation and Underdevelopment*. L.: Macmillan, 1978.
24. *Furtado C.* *Development and Underdevelopment*. Berkeley—Los Angeles: University of California Press, 1964.
25. *Frankel F.R.* *India's Political Economy, 1947–2004. The Gradual Revolution*. Second Ed. New Delhi: Oxford University Press, 2005.
26. *Veit L.A.* *India's Second Revolution: The Dimensions of Development*. N.Y.: McCraw—Hill, 1976.
27. *Юдин Э.Г.* Системный подход и принцип деятельности: Методологические проблемы современной науки. М.: Наука, 1978.
28. *Inkeles A., Smith D.H.* *Becoming Modern: Individual Change in Six Developing Countries*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1974.
29. *Tornquist O.* *Politics and Development. A Critical Introduction*. L.: Thousand Oaks, 1999.
30. *Зарубежный Восток и современность*. Т. 1. М.: Главная редакция восточной литературы изд-ва “Наука”, 1980.
31. *Экономика Индии: общая характеристика*. М.: Главная редакция восточной литературы изд-ва “Наука”, 1980.
32. *Салицкий А.И.* Внешняя экспансия Китая — результат победившей модернизации // *Вестник*

- РАН. 2018. № 2. С. 171–178; *Salitskii A.I.* The Outward Expansion of China as a Result of Its Victorious Modernization // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. V. 88. № 1. P. 104–110.
33. *Reich R.* Saving Capitalism. For the Many, Not the Few. L.: Icon, 2015.
 34. *Huntington S.P.* Who Are We? America's Great Debate. New Delhi: Penguin Books India, 2004.
 35. *Chakravarty S.* Writings on Development. Delhi: Oxford University Press, 1997.
 36. *Bagchi A.K.* Perilous Passage. Mankind and the Global Ascendancy of Capital. Delhi: Oxford University Press, 2006.
 37. *Fouskas V.K., Roy-Mukherjee S., Huang Q., Udeogu E.* China & the USA. Globalisation and the Decline of America's Supremacy. L.: Palgrave Macmillan, 2021.
 38. *Porter M.E.* The Competitive Advantage of Nations. L.–Basingstoke: The Macmillan Press LTD, 1990.
 39. *Флорида Р.* Новый кризис городов: Джентрификация, дорогая недвижимость, растущее неравенство и что нам с этим делать / Пер. с англ. М.: Издательская группа "Точка", 2018.
 40. *Hiro D.* After Empire. The Birth of a Multipolar World. N.Y.: Nation Books, 2010.
 41. *Соловьёва О.* Средний класс в Китае растёт, а в России сокращается // Независимая газета. 22.12.2016. http://ng.ru/economics/2016-12-22/4_6891_class.html (дата обращения 20.08.2023).

RETURN OF DEVELOPMENT: A POLYCENTRIC WORLD IN SEARCH OF A NEW EXISTENTIAL PARADIGM

A. G. Volodin^{1, #}

¹*Institute of Scientific Information for Social Sciences RAS, Moscow, Russia*

[#]*E-mail: andreivolodine@gmail.com*

The article examines the evolution of the theories of socio-economic modernization at the end of the XX – first quarter of the XXI century. In the last century, creative rivalry took place between three main ideological and theoretical trends – West-centrist, national-statist and left-wing radical. The difficulties of transforming the complex socio-economic structure of transitional societies have predetermined the gradual loss of the influence of the West-centrist trend and the increasing importance of national-statist and left-wing radical currents of thought in the system of knowledge about developing countries. The “truncated globalization” and the “Washington consensus” resulted in the collapse of the monocentric world order and put the development paradigm at the center of the search for a new model of human evolution. Today, development is objectively becoming an imperative for the modernization of all societies, including those of the industrialized nations. The “Development agenda” is, therefore, emerging as an important precondition for the formation of a new, polycentric model of international relations, which is based on the principles of dialogue and interaction between States and civilizations.

Keywords: development paradigm, global economy and politics, multipolar world, Western-centrism, “Washington consensus”, sovereignty.

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

**ЭКОЛОГИЯ И КЛИМАТ: ГДЕ МЫ СЕЙЧАС И ГДЕ БУДЕМ
ЧЕРЕЗ ДВА-ТРИ ДЕСЯТИЛЕТИЯ
СИТУАЦИЯ В РОССИИ**

© 2023 г. В. И. Данилов-Данильян^{а,*}, В. М. Катцов^{б,**}, Б. Н. Порфирьев^{с,***}

^аИнститут водных проблем РАН, Москва, Россия

^бГлавная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова Росгидромета, Санкт-Петербург, Россия

^сИнститут народнохозяйственного прогнозирования РАН, Москва, Россия

*E-mail: vidd38@yandex.ru

**E-mail: director@main.mgo.rssi.ru

***E-mail: b_porfiriev@mail.ru

Поступила в редакцию 22.08.2023 г.

После доработки 10.09.2023 г.

Принята к публикации 13.10.2023 г.

Представленная статья — вторая из двух работ, публикуемых авторами в журнале “Вестник РАН”, которые были подготовлены на основе их исследований и докладов в рамках проекта “Горизонт 2040”. Предпринята попытка спроецировать проблему глобальных экологических и климатических изменений, освещённую в предыдущей статье, на ситуацию в России. Рассмотрены наиболее важные вызовы в области экологии и климата на ближайшие десятилетия: загрязнение воздуха и качество жизни населения в городах; обеспеченность водными ресурсами и качество питьевой воды; биоразнообразие и состояние особо охраняемых территорий; изменения климата, их основные тренды, сценарная прогнозная оценка и последствия их воздействий на здоровье человека и экономику. Обоснованы ключевые направления и приоритеты в сфере национальной эколого-климатической политики, а также рекомендации в области долгосрочной политики снижения климатических и экологических рисков развития.

Ключевые слова: экология, климат, биоразнообразие, риски, вредные выбросы, парниковые газы, население, экономика, нетто-нулевая стратегия развития, национальные интересы.

DOI: 10.31857/S0869587323110038, **EDN:** COXGZJ

Предыдущая статья авторов, посвящённая мировым трендам в сфере экологии и климата, глубоко затронула проблему глобальных экологических и климатических изменений на планете [1]. В настоящей публикации эта тема раскрывается применительно к Российской Федерации.

Огромная территория России охватывает исключительное количество природно-климатических зон и обладает наибольшим биоразнообразием среди стран с умеренным и холодным климатом. Она богата природными ресурсами суши и омывается морями с достаточно высокой биоём-



ДАНИЛОВ-ДАНИЛЬЯН Виктор Иванович — член-корреспондент РАН, научный руководитель ИВП РАН. **КАТЦОВ** Владимир Михайлович — доктор физико-математических наук, директор ГГО Росгидромета. **ПОРФИРЬЕВ** Борис Николаевич — академик РАН, научный руководитель ИНП РАН.

костью (которая при потеплении может возрасти, если этому не воспрепятствует загрязнение морей). Здесь сосредоточено более 1/5 лесов планеты — первое место в мире как по площади, так и по объёму древесины. При этом более половины лесов — наиболее экологически ценные (в том числе, вместе с болотами, по критерию поглощения “климатически активного” углерода) первичные (нетронутые) и старовозрастные малонарушенные леса [2]. По валовым возобновляемым запасам пресной воды Россия занимает второе место после Бразилии.

Однако уникальный природный потенциал страны испытывает ощутимое воздействие экономики, характер и степень которого пока далеки от современных экологических критериев устойчивого развития. Это грозит если не потерей, то существенным снижением устойчивости и последующими рисками для качества и уровня жизни населения, конкурентоспособности национальной экономики в долгосрочной перспективе. Из особенностей негативного влияния экономики следует выделить прежде всего истощительное лесопользование и огромные потери вследствие лесных пожаров, примерно 97% которых происходит во вине человека [2–4], неэффективную систему утилизации и безопасного уничтожения твёрдых отходов производства и потребления (отставание от развитых стран не менее чем на 40 лет)¹, недопустимо высокий уровень загрязнения водных объектов. Если комплекс мероприятий, спланированный государством с опорой на науку, будет добросовестно выполнен, в каждом из соответствующих направлений за 20 лет могут быть достигнуты значительные успехи, но радикального перелома в экологизации и рационализации природопользования можно ожидать только к середине текущего века.

Чтобы определить приоритеты национальной экологической и климатической политики России и обосновать необходимые конкретные меры для достижения её целей, следует сначала рассмотреть основные тренды отдельных составляющих эколого-климатической проблематики на два-три десятилетия вперёд.

Воздух и качество жизни населения. Среди заболеваний и причин преждевременной смертности, связанных с негативным воздействием окружающей среды на здоровье людей, лидируют болезни, которые обусловлены загрязнением воздуха в городах. По нашим оценкам, по этой

причине ежегодно преждевременно уходят из жизни порядка 100 тыс. человек; число заболевших многократно выше. В “Приоритетном списке городов с наиболее высоким уровнем острого и хронического загрязнения воздуха”, по данным государственного мониторинга за 2021 г., насчитывается 42 города², 30 из которых расположены за Уралом. Согласно критериям ВОЗ [5], введённым в конце 2021 г., наиболее опасным (по степени фактического воздействия на популяцию) признано загрязнение мелкодисперсной фракцией взвешенных веществ — твёрдыми частицами $PM_{2.5}$ ³. В 2021 г. средние годовые концентрации этих веществ превысили норму содержания в атмосферном воздухе в 120 городах России [7]. В Западной Европе подобные превышения также были зафиксированы для большей части городов, но их уровни в 2–3 раза ниже, чем в России⁴. При этом в нашей стране на качество воздуха продолжают оказывать значительное влияние такие почти незаметные в воздухе городов развитых стран токсиканты индустриальной эпохи, как формальдегид и, особенно, бенз(а)пирен — сильнейший канцероген. Во что это выливается, показывает, в частности, ситуация с онкологическими заболеваниями у детей (рис. 1).

Обращает на себя внимание большая разница между Москвой и Санкт-Петербургом — городами, которые похожи по всем удельным показателям, имеющим отношение к детским онкологическим заболеваниям, кроме загрязнения воздуха. Оно имеет различные причины, совпадающие или очень близкие, опять-таки кроме одной: в Санкт-Петербурге иловый осадок канализационных сооружений сжигается на трёх заводах (первый введён в эксплуатацию в 1997 г., два других — в 2007 г.), а в Москве утилизируется без использования пиротехнологий. В результате в столице России число детей до 14 лет с диагнозом “рак”, установленным впервые в жизни, с 2001 по 2019 г. выросло в 1.7 раза, а в северной столице — почти в 7.5 раза.

Основная причина загрязнения воздуха промышленными предприятиями — моральное устаревание и физический износ оборудования (как основного, так и на очистных сооружениях). По официальным данным степень износа основных фондов в среднем по стране составляет около

¹ По разным оценкам, в России ежегодно образуется от 40 до 60 млн т твёрдых коммунальных отходов (ТКО) и свыше 5 млрд т промышленных отходов. Большая часть ТКО отправляется на свалки и полигоны без какой-либо сортировки и обезвреживания, утилизируется лишь несколько процентов. С промышленными отходами ситуация лучше, но отставание в этом секторе от передовых экономик пока значительное.

² По данным за 2020 г. таких городов было 15 [6], резкое увеличение их числа в 2021 г. связано с ужесточением ПДК.

³ Эти выводы ВОЗ сделала по короткому перечню веществ (частицы, диоксид азота, озон, диоксид серы). В России загрязнение атмосферы оценивается по нескольким десяткам веществ, в ЕС — по 13.

⁴ “Среднее по больнице” даёт далёкую от полной картину в европейских странах, так как очень велико (кратно!) различие в уровнях загрязнения атмосферы на Западе, с одной стороны, и на Востоке (бывший Совет экономической взаимопомощи) и Юге (Италия, Балканы) — с другой.

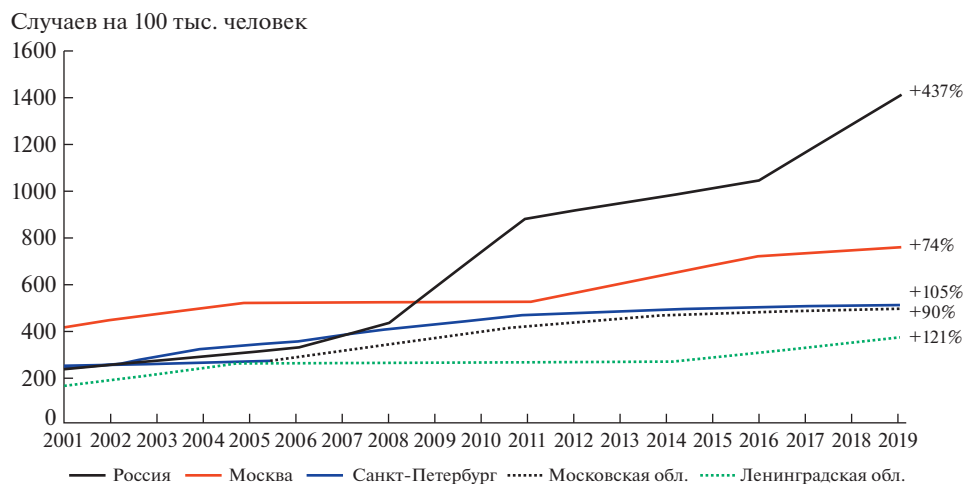


Рис. 1. Заболеваемость детского населения до 14 лет: новообразования у больных с диагнозом, установленным впервые в жизни [8]

50%. Однако альтернативные источники заявляют о гораздо более пессимистичных цифрах — 65%, а в некоторых отраслях промышленности — 80–90% и более [9]. Износ очистного оборудования в России практически всегда был сильнее, чем основного. В развитых странах показатель среднего износа — около 20%. В краткие сроки такое отставание преодолеть не удастся, да и двух десятилетий для этого не хватит.

Воды суши и водная проблема. Дефицит водных ресурсов в России традиционно наблюдается только на отдельных территориях степной зоны (Республика Калмыкия, некоторые районы Нижнего Поволжья, Ставрополья, Краснодарского края, Курганской, Оренбургской, Ростовской областей и др.). Водообеспеченность степного и восточного Крыма в настоящее время определяется функционированием Северо-Крымского канала. Серьезную обеспокоенность вызывает продолжающееся более 30 лет уменьшение водоносности р. Дон, связанное с изменениями климата. И хотя никакого прироста водных ресурсов в этих регионах не предвидится, техническое перевооружение водопользования, структурные сдвиги в реальном секторе и меры по надлежащей охране вод в принципе позволяют решить здесь все водные проблемы за 20 лет (вопрос только в финансировании).

Загрязнение природных вод достигло угрожающих масштабов. Экологическое состояние многих поверхностных водных объектов в наиболее густонаселенных и промышленно развитых районах неудовлетворительное. Главные реки — Волга, Дон, Кубань, Днепр, Северная Двина, Печора, Урал, Обь, Енисей, Лена, Колыма, Амур — оцениваются как “загрязненные”, иногда “грязные”; крупные притоки — Ока, Кама, Тотьма, Иртыш, Тобол, Миасс, Исеть, Тура — на многих участках

“очень грязные”, местами “чрезвычайно грязные”. Состояние ряда менее значительных рек следует признать катастрофическим. По официальным данным [7], объем сброса недостаточно очищенных стоков за 2001–2016 гг. падал с 15.7 до 11.3 км³, а в 2020 г. — до 8.2 км³. Сброс загрязненных сточных вод, вообще не подвергнутых очистке, в 2001–2013 гг. сократился более чем на треть (с 4.5 до 2.96 км³), но затем начал возрастать и в 2016 г. (3.42 км³) превысил уровень 2005 г. (3.4 км³), однако к 2020 г. всё же уменьшился до 1.91 км³. На рисунке 2 показана динамика общего сброса сточных вод (включая очищенные, недостаточно очищенные и неочищенные) за 2010–2020 гг. [6]. Из данных, приведенных в государственных докладах [6, 7], следует, что сброс загрязняющих веществ в водные объекты за 1991–2020 гг. в целом сократился почти вдвое, а некоторых опасных поллютантов — в несколько раз. Однако, согласно Росгидромету (рис. 3) [6], качество вод в данный период фактически не улучшилось.

Такое несоответствие обусловлено двумя основными причинами. Во-первых, не учитывается диффузное загрязнение, на долю которого приходится не менее 60% общего [10]. Оно вообще находится вне сферы внимания государства, не отслеживается, не контролируется и не регулируется. Во-вторых, официальная статистика базируется в основном на формах 2-ТП (водхоз), которые заполняются предприятиями-загрязнителями не по измерительным приборам (как повсеместно в странах, ведущих учёт сброшенных загрязнений), а расчетным путём (по данным о выпуске продукции и паспортным характеристикам оборудования). Как показывают исследования, цифры 2-ТП могут быть кратно (до 10 раз) меньше реальных [10].

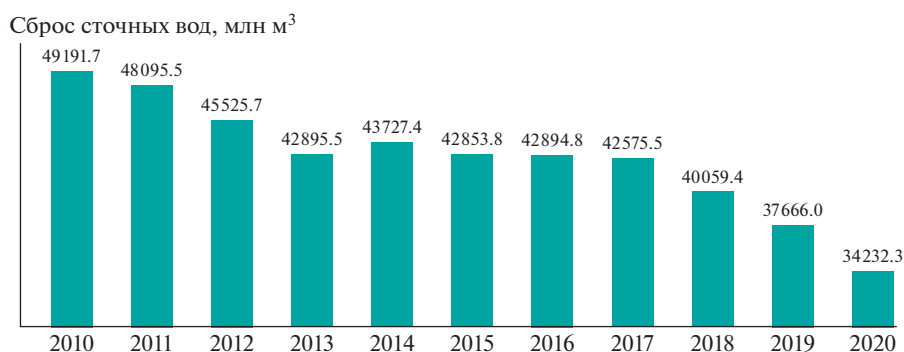


Рис. 2. Динамика сброса сточных вод в поверхностные водные объекты, 2010–2020 гг., млн м³
 Источник: данные Росводресурсов

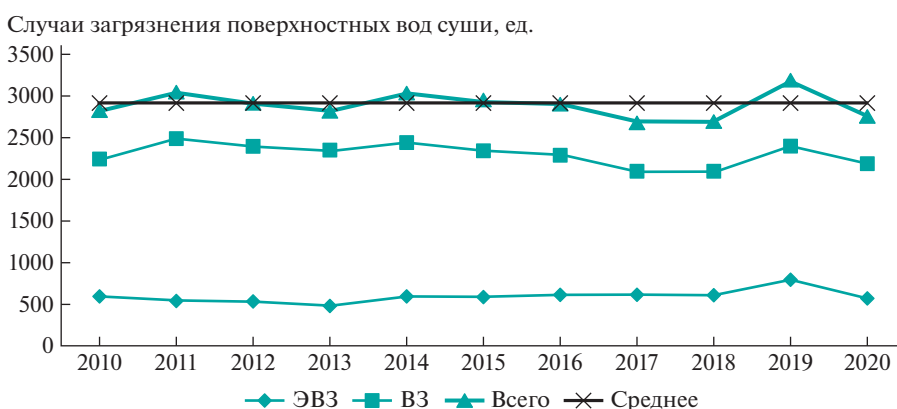


Рис. 3. Динамика количества случаев экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ) и высокого загрязнения (ВЗ) поверхностных вод суши на территории РФ в 2010–2020 гг., ед.
 Источник: данные Росгидромета

Среди городов, которым в наибольшей степени угрожают опасности, обусловленные загрязнением водоисточников, находится и Москва. Столица получает 70% воды из системы четырёх москворецких водохранилищ и примерно 30% через канал им. Москвы, вокруг которых и самой реки Москвы ещё в конце 1930-х годов были выделены зоны санитарной охраны (ЗСО). Земля здесь чрезвычайно дорогая, что в условиях бесконтрольности стимулирует её стремительную застройку коттеджами, дачами, а в последние 25 лет — многоэтажными жилыми домами. Например, районы Звенигорода, находящиеся во втором поясе ЗСО, застроены 12–15-этажными домами при полном игнорировании всех правил ведения хозяйственной деятельности на территории санитарной зоны. Попытки местных жителей, экологических активистов и учёных остановить этот процесс ни к чему не приводят. Если застройка ЗСО в Подмоскowie будет продолжаться, то через 20 лет вода, подаваемая на станции водоподготовки из москворецких водохранилищ, станет

столь грязной, что затраты на приведение её к санитарным нормам превысят все допустимые пределы.

Неудовлетворительное состояние важнейших водных объектов и запущенность водного хозяйства в России — следствие недостаточного внимания к этой сфере в прошедшие 50 лет. Лишь в последние годы появились признаки понимания важности водных проблем и недопустимости отставания в их решении от развитых стран. Это вселяет надежду, что в предстоящие два-три десятилетия здесь будет достигнут столь необходимый прорыв.

Биоразнообразие и особо охраняемые природные территории (ООПТ). По состоянию на 1 января 2023 г. в России насчитывалось около 13 тыс. ООПТ — заповедников, национальных парков и заказников, на которые приходится 11% всей территории страны. Это хорошие показатели с позиции количества. Однако организация работы в ООПТ, их финансирование и оснащение оставляют желать существенно лучшего. Наиболее

ценные в плане сохранения биоразнообразия — заповедники, где соблюдается строгий режим охраны, обязательна научная работа (в настоящее время их 112).

Начало создания системы особо охраняемых природных территорий в России датируется январём 1917 г., когда на озере Байкал был образован первый в стране заповедник — Баргузинский. Отношение власти к заповедному делу не отличалось последовательностью. В 1951 г. уже достаточно широко развитая система была на две трети ликвидирована. Затем последовал период частичного восстановления, но ещё один удар был нанесён 10 лет спустя, при Н.С. Хрущёве, правда, не столь сокрушительный. Во времена застоя заповедники понемногу расширялись.

В эпоху перестройки было принято Постановление ЦК КПСС и Совмина СССР от 07.01.1988 г. “О коренной перестройке дела охраны природы в стране”, изменившее ход процесса. С 1992 по 2000 г. организовано 25 новых заповедников, а в период очередного торможения 2001—2009 гг. — только один. Новая смена курса произошла в 2010 г., заповедное дело было признано важной государственной задачей, началась организация новых заповедников, существенно улучшилось их материально-техническое обеспечение (всё ещё довольно далёкое от современного уровня в развитых странах).

Система ООПТ в России, абсолютно необходимая для сохранения биоразнообразия, испытывает постоянное давление со стороны бизнеса, который стремится эксплуатировать леса, земли, минеральные и биоресурсы, навязывает всевозможные виды рекреации, несовместимые с охранным статусом. В последние годы этот гнёт значительно возрос, несмотря на усилия государства по организации новых ООПТ. Местная исполнительная власть нередко идёт навстречу бизнесу и поддерживает предложения по изменению статуса особо охраняемых территорий, их границ и т.п. Лоббирование интересов бизнеса, противоречащих государственной политике, встречается и в органах законодательной власти.

Рост антропогенной нагрузки на ООПТ и масштабов её последствий — хотя и наиболее антиэкологичный фактор, но лишь верхушка айсберга увеличивающегося воздействия хозяйственной деятельности на экосистемы. Причём не только на природу в целом (что, конечно, неблагоприятно, но закономерно и пока ещё некритично), но и главным образом на конкретные регионы страны, в которых экологическая ситуация отличается от общероссийской в заметно худшую сторону.

Рассматривая территориальные сдвиги в масштабах интенсивности антропогенной нагрузки на природу в постсоветской России, Н.Н. Клюев выявил, что за 1990—2020 гг. нагрузка выросла

прежде всего на хорошо освоенной территории (примерно 1/10 часть площади страны, где проживает около трети её населения) и сократилась — на обширной малоосвоенной (около половины площади и 1/6 населения) [11]. Новый неблагоприятный тренд в динамике нагрузки на природу — относительный сдвиг в приморские регионы, на уязвимые и дефицитные рекреационно привлекательные побережья атлантических морей, а также Каспийского моря. Вместе с тем чётко обозначился северо-восточный вектор развития добывающей индустрии, обуславливающий формирование новых локальных очагов крупномасштабных воздействий на экологически значимые и легко ранимые ландшафты Восточной Сибири, Дальнего Востока, Европейского Севера, а также шельфовых зон. Эти негативные тенденции, очевидно, сохранятся на ближайшие годы, и вряд ли за 20 лет их удастся переломить.

Климат. Воздействие глобальных климатических факторов на ситуацию в России. Изменения климата в значительной степени определяются флуктуациями в глобальных процессах циркуляции воздушных масс, взаимодействия атмосферы и Мирового океана. На эти и другие масштабные факторы будут налагаться особенности природной среды, существенно модифицируя их влияние [12].

Представленные в статье [1] последствия реализации сценариев мировой климатической динамики и политики международного сообщества в области климата будут ощутимо сказываться на ситуации в России в ближайшие 20—30 лет. Обусловленный последствиями глобального потепления рост числа и тяжести засух и водного стресса в ряде государств Азии и Африки и ожидаемый в связи с этим растущий поток “климатических” беженцев (по оценкам ООН, несколько десятков миллионов человек), скорее всего, не обойдут стороной и Россию, в первую очередь регионы, граничащие со странами Центральной Азии, включая дружественные и нейтральные государства. В таком случае мы можем столкнуться с экономическими и политическими вызовами, перед которыми уже стоит Европа, экономически более привлекательная для мигрантов, куда в последние годы направляется и будет стремиться в обозримом будущем основная их масса.

Позитивным для России косвенным эффектом от последствий глобального потепления могут стать рост ценности её природных и экологических активов (почвенных, лесных, особенно водных ресурсов) для мировой экономики и экосистем и улучшение перспектив развития связанных с этими активами производств ресурсной экономики и их продукции, в том числе водоёмками (зерновые, металлы, целлюлоза и др.). Может возникнуть дополнительный спрос на их экс-

порт, что позволит создать новые рабочие места, получать дополнительные доходы и тем самым ускорить темпы роста ВВП. При этом (в отличие от нередко выдвигаемых инициатив по экспорту из России воды) не возникает риска для устойчивости национальных водных ресурсов, поскольку в данном случае сам ресурс полностью остаётся в границах нашей страны, а вывозится так называемая “виртуальная вода”, затраченная на производство конечного продукта и почти полностью возвращённая в водные объекты, откуда она была забрана предприятием-изготовителем [13].

Помимо ресурсоёмких (в том числе водоёмких) производств, к 2040 г. открываются благоприятные перспективы (с учётом ухудшения во многих странах не только климатической, но и экологической ситуации) для производства экологически чистых продуктов и развития экотуризма с выгодами для занятости и экономического роста. Однако реализация этих возможностей потребует своевременных и масштабных инвестиций.

Что касается последствий политики международных организаций и зарубежных стран в области климата для России на два-три десятилетия, то они имеют преимущественно косвенный характер и в целом противоречивы. Положительный для нашей страны эффект обусловлен мощным импульсом, полученным ею от мирового сообщества в начале 1990-х годов. Тогда резко усилилось внимание к климатической проблеме и связанным с ней рисками для населения и экономики. В связи с этим были инициированы стремительное развитие институциональной базы и бурный рост инвестиций в снижение нетто-выбросов парниковых газов: по сути, сформировалась новая отрасль международного права и новый сектор “зелёной” (или “климатической”) экономики. Получив этот импульс, Россия, заметно задержавшаяся на старте, в начале 2020-х годов явно сократила, хотя далеко не компенсировала своё отставание.

В то же время принятая международным сообществом под давлением стран “Большой семёрки”, прежде всего ЕС, парадигма ускоренной нетто-нулевой декарбонизации к середине века и связанные с ней институты не соответствуют природным и социально-экономическим условиям и национальным интересам России. Следование в фарватере этой парадигмы без существенных корректив и встречных инициатив с нашей стороны, без собственной сбалансированной (по целям и приоритетам устойчивого развития) политики в области климата в предстоящие 20 лет создаст значительные риски экономическому и технологическому суверенитету России, её устойчивому развитию и национальной безопасности [14–16].

Основные тренды и сценарная прогнозная оценка климатической ситуации в России на ближайшие десятилетия. Как отмечалось ранее, изменения глобального климата — важный, но не единственный фактор формирования и динамики ситуации в стране. Огромную роль, особенно на региональном уровне, играют внутренние факторы, прежде всего природные характеристики лито- и криосферы, гидросферы, биосферы, а также — в части антропогенного влияния на формирование климата — национальная климатическая политика, производная от политики государства в области социально-экономического развития.

Ожидаемое в XXI в. потепление существенно превышает средний глобальный рост температуры для любого из рассматриваемых сценариев и на протяжении всего столетия сопровождается увеличением продолжительности волн тепла [12]. Предполагается повсеместное повышение количества осадков зимой и на большей части территории — летом, за исключением южных регионов, где тенденция противоположная: увеличивается максимальная продолжительность сухого периода (с осадками менее 1 мм/сутки). При этом в других регионах, особенно в Сибири сухие периоды сокращаются. По всей стране прогнозируется рост максимальной в году суточной суммы осадков, особенно на Дальнем Востоке и в Восточной Сибири. На юге этот показатель может возрастать на фоне уменьшения влагообеспеченности в летний сезон.

В XXI в. будет сокращаться площадь снежного покрова суши. Повышение зимней температуры и количества зимних осадков приведёт к тому, что в более холодных регионах снегонакопление станет расти, а в менее холодных — уменьшаться, так как увеличится часть осадков, выпадающих в жидкой форме. Территория, занятая приповерхностной многолетней мерзлотой, сократится к середине века и составит от 1/5 до 1/3 её современного значения. На протяжении всего столетия в сибирских арктических морях лёд в годовом минимуме (сентябрь) будет уменьшаться вплоть до полного исчезновения в конце века. При этом в зимний период площадь морского льда в Арктике сократится не столь значительно.

Интегральные эффекты воздействий изменений климата на здоровье человека и экономику. Продолжится рост частоты экстремальных погодных явлений и масштабных бедствий гидрометеорологического характера, из которых, по данным МЧС, наиболее разрушительные и опасные для жизни и здоровья людей — наводнения, лесные пожары и волны тепла. Изменение климата играет определённую роль в увеличении их повторяемости. Они будут напрямую влиять на здоровье людей, включая их гибель, повышение травматизма, уровня смертности от обострения хрониче-

ческих заболеваний. Одновременно усугубятся косвенные последствия, обусловленные, во-первых, изменениями окружающей среды и экосистем, с которыми связаны пути и возможности распространения инфекционных заболеваний кровососущими членистоногими, рост числа заболеваний, передающихся через воду из-за увеличения количества осадков и поверхностного стока, деградации многолетней мерзлоты; во-вторых, переменами в социальных системах (с ними связаны нервные и психические расстройства) [12].

До середины XXI в. и далее изменение климата будет оказывать возрастающее негативное влияние на *социально-демографические процессы* (пока роль этого фактора незначительна). Рост численности населения и развитие городских территорий увеличат подверженность (а при дефиците и неэффективности мер адаптации — уязвимость) воздействию опасных погодных и климатических процессов и явлений. Например, волны тепла (особенно в комбинации с загрязнением атмосферы) в несколько раз повышают число дополнительных случаев смертности в городах. Кроме того, как уже отмечалось, может возрасти риск иммиграции в Россию из Центральной Азии, в частности, в связи с нарастающим там дефицитом водных ресурсов. Наибольшему риску смены образа жизни под влиянием климатических факторов подвергается самая уязвимая часть населения — коренные малочисленные народы, чей уклад и традиционные виды экономической деятельности (рыболовство, оленеводство, сельское хозяйство и т.п.) напрямую зависят от климата.

В *сфере занятости* ожидаются количественные, структурные и качественные изменения, обусловленные не столько прямыми эффектами климатической динамики, сколько развитием государственной и корпоративной политики в области климата и “зелёной” экономики: трансформируются или ликвидируются старые рабочие места, появляются новые, в том числе связанные с возобновляемыми источниками энергии и электро-транспортом, системами мониторинга, раннего оповещения и экстренного реагирования на погодные и климатические аномалии и бедствия [12].

Важнейшие для *агропродовольственного комплекса* прогнозируемые изменения климата влекут за собой увеличение теплообеспеченности сельскохозяйственных культур и продолжительности их вегетационного периода. Повышение зимних температур воздуха определяет условия перезимовки растений; рост осадков в холодное время года и их уменьшение в тёплый период приводят к изменениям условий увлажнения. На территории Нечернозёмной зоны ожидается увеличение теплообеспеченности сельскохозяйственных культур, биоклиматического потенциала и запасов органического углерода в пахотных

почвах. Как следствие, возможен устойчивый рост продуктивности сельского хозяйства до середины XXI в. Вместе с тем при дальнейшем потеплении климата в России может усилиться неблагоприятное воздействие вредителей и возбудителей болезней на валовые сборы и качество продукции растениеводства, так как эти организмы существенно зависят от климата. Интенсивные и частые засухи будут благоприятствовать массовому размножению саранчовых на юге.

Риски в водном хозяйстве связаны прежде всего с трансформацией речного стока. Высока вероятность дальнейшего снижения водообеспеченности в регионах, уже испытывающих дефицит воды. Особую опасность представляют дождевые паводки, интенсивность и повторяемость которых в ряде регионов растут. К середине XXI в. может увеличиться экстремальность осадков летом в горных районах Кавказа, в Сибири и на Дальнем Востоке, что приведёт к увеличению частоты и высоты дождевых и снежодождевых паводков.

В настоящее время наиболее существенные погодно-климатические риски для *лесного хозяйства* обусловлены лесными пожарами, угрожающими погодными явлениями, вредителями и болезнями леса. На всей европейской части России, в Западной и частично Восточной Сибири, включая Арктическую зону, ожидается повышение продолжительности пожароопасного периода. К факторам риска относятся аномально высокие и низкие температуры воздуха и почвы, экстремальные суточные и годовые амплитуды температуры, засухи, ураганные ветры, вызывающие массовый ветровал и бурелом, ливни и др. Масштабное повреждение деревьев, их ослабление и частичную гибель могут вызывать и обильный мокрый снег (снеголом) или обледенение. Чаше и интенсивнее будут вспышки численности насекомых, появление новых и аномальное распространение традиционных вредителей и микроорганизмов [12].

Дальнейший рост температуры многолетней мерзлоты будет приводить к более интенсивному ухудшению её прочностных свойств и интенсификации ряда деструктивных геокриологических процессов, что увеличит риски повреждения и разрушения зданий и сооружений, включая объекты инфраструктуры (в том числе транспортной сети), расположенные в криолитозоне. Потепление климата стимулирует и расширяет зоны действия процессов дегляциации территорий, вовлекает в обвальные, оползневые, термокарстовые и селевые процессы активизировавшиеся участки мерзлотных массивов, способствует формированию новых озёр и их прорывам, увеличивает дальность выброса каменных, ледово-каменных и снежных лавин, ведёт к вовлечению в обвальные процессы скальных массивов, которые ранее были скованы льдом.

Ожидаемое повышение летних температурных экстремумов обуславливает перегрев конструкций и, соответственно, значительно увеличит риск системных аварий, возникающих при одно-временных резком скачке энергопотребления, снижении генерации энергии и больших потерях на линиях электропередач. Наблюдаемое усиление разрушающего действия температурно-влажностных деформаций связано с особенностями происходящих изменений (рост жидких и смешанных осадков в зимний сезон, повышение числа циклов замораживания и оттаивания, избыточное увлажнение стен зданий с последующим их охлаждением), которые не были учтены при выборе материалов ограждающих конструкций надлежащей стойкости.

Негативное влияние многочисленных циклов замораживания и оттаивания наиболее выражено в европейской части России. В сочетании с увеличением жидких осадков в холодное время это приводит к ускоренному старению зданий и сооружений. В связи с ростом экстремально высоких температур и количества осадков ожидается усиление эффектов, обусловленных совместным воздействием ветровых нагрузок, температурных деформаций и коррозионного разрушения. Особый эффект на объекты строительства оказывают кратковременные снеговые нагрузки при сильных снегопадах. Увеличение меженных расходов и уровня воды в реках в условиях уменьшения промерзания почвогрунтов способствует повышению уровня грунтовых вод и подтоплению равнинных территорий. Эти процессы приводят к деформации фундаментов построек и создают дополнительную опасность их разрушения. Однако наиболее высокие климатические риски возникают в зоне многолетней мерзлоты [12].

Значительному воздействию подвергается *наземная транспортная инфраструктура* (автомобильные и железные дороги, мосты, тоннели, порты, взлётно-посадочные полосы), страдают обеспечение организации движения и эффективность функционирования транспорта (расходы на содержание объектов, безопасность движения, скорость транспортных потоков). Повышение температуры воздуха в холодный период сопровождается частыми перепадами, которые способствуют ускоренному разрушению покрытия автомобильных дорог, особенно при переходах температуры через 0°C. Увеличение количества жидких осадков — дополнительный фактор, усиливающий процесс разрушения.

Рост числа дней с экстремально высокими температурами воздуха приводит к размягчению асфальтового покрытия и быстрому ухудшению эксплуатационных качеств автодорог, что повышает риск аварий. При крайне высоких температурах воздуха происходят значительный перегрев

рельсов и последующая деформация железнодорожных путей, а следовательно, снижение скорости движения и увеличение риска схода с рельсов подвижного состава. Кроме того, высокие температуры представляют особую опасность для службы сигнализации и связи на железных дорогах. В зимний сезон рост количества осадков и их суточных максимумов повлечёт за собой необходимость принятия дополнительных мер по организации движения и обеспечению безопасности на дорогах и приведёт к увеличению эксплуатационных расходов. Учащение переходов через 0°C, продолжительные снегопады, выпадение жидких осадков в холодное время года также негативно отразится на безопасности дорожного движения и потребуют принятия специальных мер по уменьшению скользкости [12].

В зоне сезонного промерзания грунтов повысится опасность аварийных разрушений трубопроводов в районах со сложными гидрогеологическими условиями, для которых характерен большой риск возникновения оползневых и селевых процессов. Ожидаемое увеличение сезонных сумм осадков и особенно их интенсивности в тёплое время — серьёзный дополнительный угрожающий фактор. Повышение среднегодовых, летне-осенних и зимних расходов воды усилит вероятность досрочного размыва магистральных трубопроводов на подводных переходах через реки.

Усиление годового и меженного стока, а также изменение продолжительности и сроков навигации практически для всех крупных рек России потенциально благоприятствуют развитию речного судоходства и росту объёма грузоперевозок по рекам и водоёмам. Однако на многих судоходных реках наблюдаются существенные сдвиги в русловых процессах, осложняющих судоходство. В перспективе эти тенденции будут только нарастать, что негативно отразится на судоходстве, причём далеко не всегда ситуацию можно будет исправить дополнительными работами по дноуглублению и выправлению русел рек, так как они часто имеют негативные экологические последствия. Придётся использовать более дорогие альтернативные виды транспорта.

Особую группу транспортных сооружений составляют зимние дороги (зимники) и ледовые переправы, период эксплуатации которых сокращается в процессе климатического потепления. Нестабильность этих сооружений напрямую затрагивает устойчивое развитие городов Арктики [12].

Исправное функционирование нефтегазового комплекса России в значительной степени зависит от экстремальных погодных явлений. В прибрежной зоне арктических морей учащаются эпизоды штормовых скоростей ветра, что чревато последствиями для буровых установок, располо-

женных на шельфе. Штормовые нагоны также приводят к усилению береговой эрозии, что угрожает портовым причалам.

Погодно-климатические риски для электроэнергетики, прежде всего ТЭС и АЭС, обусловлены такими метеорологическими явлениями, как смерчи, высокие температуры воздуха и скорости ветра, экстремальные осадки и снегопады, которые не только ставят под угрозу безопасное функционирование электростанций, но также могут существенно уменьшить эффективность энергоблоков (например, при аномальных температурных условиях требуется снижение их мощности или полная остановка). Для ГЭС наибольшие погодно-климатические риски связаны с аномально большими или малыми объёмами воды, поступающими на водосбор станций с осадками или в период снеготаяния. Пропускная способность водосбросов действующих гидроузлов может оказаться недостаточной, и при прохождении экстремальных потоков повышается риск повреждения и разрушения плотин. Заметное увеличение зимнего меженного стока благоприятно для большинства регионов России, так как зимой возрастают бытовые нагрузки на энергетические системы. В электросетевом распределительном комплексе вероятность аварий крайне велика в холодный период: гололёдные и ветровые нагрузки вызывают не только обрывы проводов, но и разрушение несущих опор. Летом особую опасность представляют грозы и волны жары, так как при высоких температурах воздуха происходит растяжение проводов, возможны их провисание, контакт с соседними проводами и в результате — короткое замыкание [12].

Среди макрорегионов России, имеющих стратегическое значение для национальной безопасности, Арктика наиболее уязвима к изменениям климата, что ведёт к серьёзным экологическим, социальным и экономическим последствиям. Потепление и связанное с ним сокращение площади льдов увеличивают продолжительность навигации по Северному морскому пути, но её условия остаются сложными, сохраняется необходимость в ледокольном флоте и, в условиях растущего объёма перевозок, ужесточаются требования к обеспечению безопасности мореплавания и морской деятельности в целом, не говоря уже об устойчивом функционировании объектов национальной обороны. Эти требования охватывают системы гидрографического обслуживания, связи, а также экологического мониторинга, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Важно учитывать, что разработка и транспортировка углеводородного сырья создаёт риски аварий, реагирование на которые сильно затруднено в суровых климатических и погодных условиях, удалённости месторождений от развитой

инфраструктуры. При этом особые проблемы создают разливы нефти на лёд и подо льдом [12].

О выборе приоритетов политики в сфере климата и экологии. Устанавливать приоритеты различных экологических целей (в том числе относящихся к климатической сфере) — задача в высшей степени непростая и в определённом смысле противоречивая, учитывая сильную взаимосвязь экологических целей и даже шире — целей устойчивого развития. Продвижение к одной из них, как правило, так или иначе способствует прогрессу в достижении остальных при условии принятия во внимание рисков побочных эффектов — того, что, например, в сфере адаптации населения и экономики к изменению климата называют мерами неэффективной адаптации (*maladaptation*)⁵. В то же время нередко приходится сталкиваться со сложным выбором: в частности, в сфере экологии это замена оборудования, которая обеспечивает снижение объёма сброса загрязнённых сточных вод, однако одновременно влечёт за собой накопление твёрдых отходов либо выброс опасных (вредных для здоровья человека) газообразных веществ, подлежащих регулированию. Другой пример — снижение выбросов (в частности, диоксида серы) за счёт увеличения эмиссии CO₂, наиболее яркой иллюстрацией которого служит так называемый “серный мегапроект” компании “Норильский никель”⁶.

В любом случае движение к экологическим целям требует затрат, установление приоритетов превращается в вопрос об эффективности. Ответ на него требует решения сложной проблемы оценки (на самом деле прогноза) экологического эффекта (причём именно эффекта, то есть результата, а не экономической эффективности) от реализации соответствующих мер, на фоне которой задача измерения затрат кажется лёгкой. Необходима оценка совокупного или интегрального эффектов, что подразумевает использование единой метрики, которой в готовом виде не существует.

⁵ К таковым относят (в том числе в ЕС — на законодательном уровне) меры, которые осуществляются в отношении данного вида экономической деятельности, но оказывают негативное влияние на адаптационные усилия или уровень устойчивости к физическим климатическим рискам в других видах деятельности; не соответствуют местным, отраслевым (секторальным), региональным или национальным стратегиям и планам адаптации; не используют решения, основанные на возможностях природы (экосистем) (*nature-based solutions*), включая потенциал так называемой “зелёной” (суша) и “синей” (моря) инфраструктур [17].

⁶ Серный проект — экологическая программа, предусматривающая сокращение суммарных выбросов диоксида серы в Заполярном филиале компании к 2023 г. на 75% от уровня 2015 г. Оценочная стоимость проекта, рассчитанная на базе технико-экономического обоснования, — 2,6 млрд долл. [18].

В таких обстоятельствах логично разделить эффект на три составляющие: экономическую, социальную и экологическую, что в принципе и предлагает концепция устойчивого развития (3D-подход) применительно к национальному и/или международному уровням принятия решений, а ESG-методология — к корпоративному уровню⁷. *Экономическая часть* эффекта, измеряемая в денежных единицах, может включать, например, сокращение потребления сырья и даже долю экологического эффекта (в виде снижения платежей за негативное воздействие на окружающую среду). *Социальная составляющая* предполагает учёт выгод от экологического результата в сфере здравоохранения и всевозможные услуги/полезности экосистем (в рекреации, жилищном строительстве, образовании, сфере культуры), для оценки которых разрабатываются различные косвенные методы (гедонистические модели, вероятность готовности платить и т.п.), также приводящие к денежному итогу. В *экологической части* остаются эффекты, для денежного выражения которых нет прямых и общепринятых решений: как, скажем, оценить сохранение вида, которому угрожает исчезновение, или уникальной экосистемы? Поэтому сравнительно немногочисленные усилия, которые предпринимаются в этой области⁸, практически без исключения опираются на концепцию экосистемных услуг [19–21]. Основной же акцент делается на ESG-критерии. Это связано с оценкой результата (эффекта) и эффективности (отношения результата к затратам) не столько конкретного направления инвестиций, что в случае экологии зачастую крайне затруднительно (неслучайно столько полемик вокруг проблемы “greenwashing”, или, проще говоря, отмывания кредитных, налоговых и иных финансовых льгот под прикрытием “зелёной” направленности инвестиционных проектов), сколько системы мер (проекта, программы действий и т.п.).

Оценка направления инвестиций в принципе возможна путём обработки массива данных по совокупности мер и в идеале представляет собой макроэкономическую зависимость их результата и эффективности от объёма затрат. Но возможно ли построить такую зависимость для направлений экологической деятельности с целью обоснования выбора приоритетов? Если обратиться к

описанной выше цепочке операций, то становится ясно, что получаемый количественный результат может быть только грубым, с большой погрешностью, которую не удастся оценить не только априори, но и апостериори. Уровень неопределённости столь высок, что сопоставления оказываются неинформативными, теряют всякий смысл (разница между значениями меньше, чем погрешность их определения). Поэтому приоритет в природоохранной области должен быть отдан не конкретному направлению или сфере окружающей среды, а организации системы и осуществлению постоянного мониторинга, анализа происходящих процессов и событий, включая не только собственные действия, но и действия партнёров и конкурентов.

Например, решения касательно действий по снижению выбросов в атмосферу вредных и климатически активных веществ в России должны приниматься не только в зависимости от текущей оценки изменения климата, уже произошедших последствий и прогноза этих событий в будущем, но и от климатической политики других стран (с учётом её возможных корректировок). Именно с этих позиций можно (и нужно!) критиковать решение о достижении углеродной нейтральности к чётко установленному сроку, который предполагает наличие достаточно строгих естественно-научных и экономических обоснований. Но таких в отношении выбора срока достижения углеродной нейтральности наука предложить не может, более того, их появление крайне маловероятно и в обозримом будущем.

Не имея возможности подробно аргументировать здесь эту точку зрения, отметим, что достаточно эксплицировать предпосылки формирования такого решения, чтобы убедиться в том, что ни одна из них не может быть обоснована количественно с приемлемой точностью. Кроме того, постановка такой цели, как достижение углеродной нейтральности, требует ответа и на другие, ещё более серьёзные вызовы и вопросы. От чего придётся отказаться, на какие экономические, социальные и экологические потери и риски придётся пойти ради достижения указанной цели? При том что, помимо проблемы изменения климата, Россия и другие страны стоят перед лицом ещё более полутора десятков ключевых вызовов (если рассуждать в терминах известных 17 целей устойчивого развития). Творцы и адепты парадигмы углеродной нейтральности не дают (и, видимо, не собираются давать) ответ на эти вопросы, поскольку истинной целью политики Net Zero является не достижение лимита непревышения глобальной приземной температуры в 1.5°C до конца XXI в. по сравнению с доиндустриальной эпохой (что на самом деле просто нереально), а использование этой политики как инструмента технологической и экономической конкурен-

⁷ Три измерения устойчивости (3D) — экономическая, социальная и экологическая составляющие; ESG — от англ. “environmental, social, governance” — три направления (аспекта) корпоративной политики, два из которых повторяют вышеупомянутые экологическое и социальное измерения устойчивости, а третье включает управление развитием компании.

⁸ Возможно, наиболее яркий пример — международный проект TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity, <https://teebweb.org/>).

ции [14, 15], втягивание оппонентов в дорогостоящую, ресурсоёмкую гонку за призраком⁹.

Необходимо разработать документ (платформу, декларацию), в котором была бы ясно обозначена позиция России по международным проблемам климата и экологии, а также чётко и обоснованно разъяснялось, что нас не устраивает и почему. Документ должен положить начало развитию принципов и конкретизации целей, изложенных в экологической и климатической доктринах и Концепции перехода РФ к устойчивому развитию. Его подготовку следует поручить группе специалистов высокого уровня: климатологам, экологам, экономистам и дипломатам. С целью учёта конструктивных предложений он должен быть представлен международной общественности на специально организованном для этого форуме или на одном из регулярно действующих (включая конференцию сторон РКИК ООН). Со странами, которые поддержат позиции и предложения России, надлежит активно сотрудничать в решении поставленных в документе задач; с другими — стремиться находить точки соприкосновения в духе мирного сосуществования и международной кооперации¹⁰.

В качестве своего скромного вклада в подготовку такого документа в заключительной части статьи авторы представляют своё видение ряда его ключевых положений.

СТРАТЕГИЯ РОССИИ В ОБЛАСТИ КЛИМАТА И ЭКОЛОГИИ НА ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПЕРИОД

Долгосрочная политика в отношении снижения климатических рисков развития. Особенности ситуации, обусловленной прогнозируемыми к 2040 г. изменениями климата и их последствиями в нашей стране и мире в целом, а также сценарии политики международного сообщества и его ключевых участников, включая Россию, ставят перед нами вопрос о выборе эффективной стратегии, способствующей снижению рисков и угроз, с одной стороны, и использованию благоприятных

возможностей, с другой. Представляется, что такая стратегия должна исходить из принципа приоритетности национальным интересам и стратегическим приоритетам: повышение качества жизни и благосостояния населения, устойчивое развитие российской экономики на новой технологической основе, сохранение природной среды и адаптация к климатическим изменениям¹¹. Это позволит России гармонизировать свои национальные интересы и приоритеты с принятой мировым сообществом стратегией устойчивого развития на период до 2030 г. Наша страна играет здесь большую роль, а благодаря усилиям Запада климатическая и в целом “зелёная” повестка выступит фактором привлечения внимания политических, деловых кругов мира, некоммерческих организаций и СМИ (очевидно, до 2040 г.).

Конкретизация этого принципа в контексте обоснования и реализации политики в области климата на долгосрочную перспективу до 2040 г. подразумевает следующее.

Выбор целей политики, основных направлений и механизмов их осуществления независимо от сценариев климатических изменений должен учитывать неразрывную и тесную взаимосвязь климатической повестки с другими целями устойчивого развития и место “климатической” Цели № 13 в ряду приоритетов. Последнее чётко определено важнейшими профильными международными документами, из которых следует, что приоритетами устойчивого развития выступают социально-экономические цели: повышение качества жизни (сокращение бедности, гарантия продовольственной безопасности, улучшение здоровья населения) и обеспечивающий его устойчивый рост экономики. Поэтому эффективная политика в области климата должна ориентироваться на решение именно этих жизненно важных в среднесрочной, долгосрочной и отдалённой перспективе социально-экономических проблем, не ставя во главу угла непревышение любой ценой роста средней глобальной температуры на 2°C к концу века, ставшее краеугольным камнем углеродно-нейтральных (Net Zero) стратегий.

При всей важности указанной задачи принципиальными условиями (*sine qua non*) эффективности и, более того, жизнеспособности политики долгосрочного устойчивого развития являются соблюдение вышеупомянутой иерархии приоритетов целей, а также учёт качественного различия временных параметров планирования и реализации комплекса мер, направленных на *стабилизацию климата и социально-экономическое развитие*. В первом случае климатологи строят модели, рассчитывают подробные сценарии и дают оценки

⁹ Сходный подход был использован в Стратегической оборонной инициативе (программа “звёздных войн”) президента США Р. Рейгана в 1980-е годы. Её реальная цель состояла не в декларированном создании системы противоракетной обороны, надёжно прикрывающей всю территорию Северной Америки, а в резком усилении конкурентных позиций в сфере космических (включая военнокосмические) технологий и ослаблении экономики СССР — главного противника США — путём втягивания нашей страны в дорогостоящую технологическую гонку.

¹⁰ Насколько нам известно, на момент сдачи статьи в печать подобная установка формулировалась применительно к очередной конференции COP-28 в Абу-Даби (ОАЭ) в декабре 2023 г., но процесс её подготовки (в том числе сроки и организация) вызывал беспокойство за качество итогового результата.

¹¹ См. п. 25 Стратегии национальной безопасности Российской Федерации (утверждена Указом Президента РФ № 400 от 02.07.2021 г.).

динамики изменений в перспективе на 100 лет и более. С этой точки зрения рассматриваемый в данной работе период ближайшего двадцатилетия — даже не краткосрочное будущее. Однако с позиции социально-экономического развития такой горизонт воспринимается политиками, управленцами, экономистами, социологами как долгосрочная перспектива, для оценки которой возможны лишь общие (макро) сценарии. Эти принципиальные требования, из которых должно исходить корректное определение масштабов и структуры инвестиций в снижение нетто-выбросов парниковых газов в период до 2040 г., в условиях господствующей сегодня парадигмы ускоренного перехода к углерод-нейтральной экономике реализовать крайне трудно, что подтверждает растущий разрыв между текущими вложениями и потребностями в них в странах-участницах “гонки за нулём” [22].

России нужно скорректировать климатическую политику. Необходима переориентация стратегии социально-экономического развития с низким уровнем выбросов парниковых газов — с предусматривающей достижение нетто-нулевого уровня выбросов в 2060 г. на приоритетные с точки зрения долгосрочного устойчивого развития целевые показатели качества жизни и структурных сдвигов в экономике на период до 2040 г. Важно уточнить приоритеты направлений и мер по декарбонизации экономики и прогнозы их реализации, включая сроки достижения нетто-нулевого уровня эмиссий парниковых газов, их продуманную и эффективную интеграцию в политику долгосрочного социально-экономического развития страны до 2040 г.

Нужно обеспечить *сопряжение* приоритетов направлений и мер по декарбонизации экономики с ключевыми курсами научно-технологического развития, исходя из того, что, согласно модельным расчётам ИНП РАН [23–25], наибольший потенциал декарбонизации экономики с учётом поддержания долгосрочной экономической динамики сосредоточен в области снижения уровня выбросов парниковых газов: в секторах производства (энергетика) и потребления (промышленность, здания) энергии; газовом хозяйстве, включая газопроводы (снижение так называемых фугитивных эмиссий), и управлении отходами (в первую очередь ТКО). В области роста объёмов поглощения углерода (CO₂) — в секторе “Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство” (сельское хозяйство, почвы, лесной комплекс).

Требуется интеграция программ и программных мер в сфере декарбонизации экономики, прежде всего на отраслевом и региональном уровнях, во-первых, с *планированием и реализацией планов адаптации*, в том числе мерами готовно-

сти и действиями при чрезвычайных ситуациях природного характера (в рамках Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций)¹²; во-вторых, с соответствующими *долгосрочными программами в области охраны окружающей среды и рационального природопользования*, а именно — в рамках национального проекта “Экология”. Благодаря этому получит импульс структурная и технологическая трансформация хозяйственного комплекса на основе ресурсосберегающих и экологических технологий, позволяющих обеспечить рост качества продукции с одновременным снижением издержек производства, его углеродного и экологического следа. В конечном счёте политика, направленная на достижение национальных интересов в области создания комфортной среды жизнедеятельности и устойчивого экономического роста, будет комплексной и эффективной.

В соответствии с вышесказанным требуют усовершенствования:

- *институциональная, в первую очередь нормативно-правовая база*, а также стандарты (технологические, строительные и т.д.) в области декарбонизации экономики, адаптации её и населения к изменениям климата и их последствиям: уточнение и корректировка национального законодательства в области снижения нетто-эмиссий парниковых газов (ФЗ № 261 от 2020 г. и подзаконные акты), документов стратегического планирования (Стратегия социально-экономического развития с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.), в сфере адаптации населения и экономики к климатическим изменениям (ГОСТы, отраслевые и региональные планы адаптации); гармонизация отечественных нормативов с международными стандартами (включая ISO); развитие системы доступных технологий (НДТ), корпоративных стандартов ESG в соответствии с мировой практикой; должны максимально учитываться особенности российских условий, в частности, при разработке и использовании НДТ и ESG — не только наилучших с климатической, экологической и социально-экономической точки зрения, но и физически и экономически (цена) доступных;

- *организация управления, финансирования и ресурсного обеспечения деятельности в сфере клима-*

¹²Проведённый нами анализ 10 отраслевых и почти 60 региональных планов адаптации (за немногими исключениями) свидетельствует об ограниченности их сферы действия и эффективности мер. В то же время открывается значительный потенциал, который пока не реализован отраслями и регионами (федеральными министерствами и субъектами РФ соответственно). Всё вместе позволит обеспечить целостный и комплексный характер государственной политики в области климата, с одной стороны, и безопасности населения и территорий при чрезвычайных ситуациях, с другой.

тической политики: акценты должны быть сделаны, во-первых, на сбалансированности усилий и распределения ресурсов в соответствии с приоритетами целей развития, включая баланс между затратами на снижение нетто-выбросов парниковых газов и адаптацией; во-вторых, на комплексности учёта экосистемных услуг в оценке указанных затрат, чтобы устранить гипертрофированный фокус нынешней политики государства в отношении климата и его изменений на финансовые аспекты, в том числе торговлю углеродными единицами;

- *научное обеспечение* (научные кадры, исследования, оборудование): без современного знания и понимания перспектив изменений климата и их причин невозможен достоверный и имеющий практическое значение прогноз, а заблаговременные меры адаптации вряд ли окажутся эффективными, поэтому необходимо более тесное сотрудничество учёных и специалистов естественно-научной и социогуманитарной областей, производителей, отраслевых и региональных потребителей климатической информации, принимающих решения лиц всех уровней управления (от корпоративного и муниципального до федерального), некоммерческих (общественных) организаций и СМИ.

Улучшение организации и повышение эффективности такого взаимодействия предполагает, во-первых, *чёткое разделение функций* участников данного процесса с учётом того, что научное сообщество — не субъект принятия политических или хозяйственных решений, а остальные заинтересованные стороны не могут рассматриваться как источник научных знаний. Как уже подчёркивалось нами ранее [26], торжествующий в последние десятилетия дилетантизм — результат неправильно понимаемой свободы слова — открывает в диалоге научного сообщества и других субъектов безграничный простор для безграмотных и безответственных суждений, что создаёт ощутимое препятствие для выстраивания содержательной политики в области климата.

Во-вторых, *рост инвестиций* в развитие систем мониторинга и прогнозирования изменений климата и их последствий для населения и экономики. Это особенно важно для высокотехнологичных (в том числе цифровых) систем, включая интенсификацию разработки и применения сложных физико-математических моделей и систем наблюдения (дистанционных, контактных). В частности, используется и наращивается исследовательский и ресурсный потенциал важнейшего инновационного проекта государственного значения “Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ”¹³.

¹³ Утверждён Распоряжением Правительства РФ № 3240-р от 29 октября 2022 г.

В нём задействованы более 50 научных организаций Минобрнауки России и Росгидромета, на его реализацию запланированы расходы в объёме 11 млрд руб. до 2024 г. (первый этап). Сроки его выполнения, как и Федеральной научно-технической программы по экологическому развитию Российской Федерации и климатических изменений на 2021–2030 гг.¹⁴, целесообразно продлить как минимум за пределы 2030 г.

В-третьих, *повышение доверия к научному и экспертному сообществу*, понимание его стремления получить объективные результаты исследований и дать им корректную комплексную оценку. В то же время следует осознавать возможности, ограничения и трудности практического использования знаний о климате, его изменениях и их последствиях для окружающей среды и общества. Эти обстоятельства диктуют необходимость усиления поддержки исследований и их кадрового потенциала.

Долгосрочная политика по снижению экологических рисков развития. Возвращаясь к рекомендациям в сфере экологической политики современной России, подчеркнём, что сложившаяся ситуация требует радикальных перемен и решений в духе Постановления ЦК КПСС и Совмина СССР “О коренной перестройке дела охраны природы в стране” от 1988 г. и политической воли для их выполнения. Представляются необходимыми следующие меры:

- комплексное развитие природоохранного законодательства, охватывающего все сферы контроля и регулирования (атмосфера; гидросфера, в частности, проблема диффузного загрязнения водных объектов; литосфера, прежде всего почвенный покров; биосфера в целом); при этом следует жёстко пресекать набившие оскомину и изуродовавшие многие законодательные акты усилия бизнеса по извращению практически всех инициатив в этой области;

- систематическая последовательная деятельность по выявлению так называемых внешних эффектов (экстерналий) — негативных экологических последствий хозяйственных решений, включая инвестиционные проекты — и разработка мер по учёту и включению (интернализации) этих эффектов в цены товаров и услуг, что позволит намного полнее и результативнее задействовать экономический механизм снижения рисков для здоровья населения и окружающей среды; следует широко освещать в СМИ причины, объясняющие необходимость такой деятельности, то есть конфликт государства, отстаивающего общие экологические интересы, и бизнеса, вместе с наименее сознательной частью населения прене-

¹⁴ Утверждена Постановлением Правительства РФ № 133 от 8 февраля 2022 г.

брегающего всем, кроме частных экономических интересов;

- полное оснащение системы надзора в сфере охраны окружающей среды и природопользования новейшими измерительными приборами и воссоздание на современной приборно-технической базе общенациональной (не региональных субъектов) системы мониторинга негативных воздействий на окружающую среду; интеграция или сопряжение этой системы с единой национальной системой мониторинга климатически активных веществ, органичной частью которой должна стать подсистема карбоновых полигонов;

- создание Единой государственной системы экологического мониторинга на основе принципов, определённых соответствующим Постановлением Правительства РФ от 1993 г., но на новой научной и информационно-вычислительной базе, с использованием подходов искусственного интеллекта, органичной частью которой должна стать подсистема мониторинга диффузного загрязнения водных объектов;

- усиление поддержки научных исследований в сфере экологии (помня, что это не отдельная научная дисциплина, а проблемно ориентированный междисциплинарный научный комплекс) и обеспечение полноценного использования научных результатов в природоохранной работе государства;

- повсеместное развитие экологического образования и воспитания, обеспечение постоянного активного участия в этой работе всех СМИ, имеющих государственную поддержку;

- развитие заповедного дела и системы особо охраняемых природных территорий;

- поддержка общественных экологических организаций и движений, организация их доступа к государственным природоохранным программам и проектам, так как решение именно этих проблем в большей мере требует активного привлечения общественности (людей всех возрастов и профессий) к природоохранной работе; до сих пор государство почти не занималось поддержкой общественных экологических организаций и природоохранного движения, однако долгосрочные национальные экологические цели обязывают систему управления содействовать общественным инициативам в этой сфере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов-Данильян В.И., Катцов В.М., Порфирьев Б.Н. Экология и климат: где мы сейчас и где будем через два-три десятилетия. Общемировые тенденции // Вестник РАН. 2023. № 10. С. 930–941.
2. Ваганов Е.А., Порфирьев Б.Н., Широв А.А. и др. Оценка вклада российских лесов в снижение рис-

ков климатических изменений // Экономика региона. 2021. № 4. С. 1096–1109.

3. Порфирьев Б.Н. О мнимой и реальной экономической эффективности борьбы с лесными пожарами в Сибири // ЭКО. 2019. № 11. С. 8–26.
4. Гераськина А.П., Тебенькова Д.Н., Ершов Д.В. и др. Пожары как фактор утраты биоразнообразия и функций лесных экосистем // Вопросы лесной науки. 2021. № 2. С. 1–76.
5. Новые стандарты качества воздуха, разработанные ВОЗ. 2022. <https://xn--90aifdm6al.xn--plai/blog/novye-rekomendacii-voz-po-kachestvu-vozduha-v-chyom-razlichiya-s-sanpin?ysclid=llck4pjf7b668780227>
6. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году. Государственный доклад. М.: Минприроды России, 2021. <https://2020.ecology-gosdoklad.ru/doklad/lesa-i-prochie-lesopokrytie-zemli>
7. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году. Государственный доклад. М.: Минприроды России, МГУ им. М.В. Ломоносова, 2022. <https://disk.yandex.ru/i/xbfVhPZh-k40TVw>
8. Здравоохранение в России. 2021. Стат. сб. М.: Росстат, 2021.
9. Прохорова Э.К. Влияние состояния основных фондов на развитие российской промышленности в условиях международных санкций. Самара: Университет “МИР”, 2019. https://www.imi-samara.ru/wp-content/uploads/2019/04/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%85%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0_30-36.pdf?ysclid=llktoghrl1406418991
10. Диффузное загрязнение водных объектов: проблемы и решения. Коллективная монография / Под рук. В.И. Данилова-Данильяна. М.: РАН, 2020.
11. Ключев Н.Н. Территориальные сдвиги антропогенной нагрузки на природу в постсоветской России // Вестник РАН. 2023. № 3. С. 255–265.
12. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / Под ред. В.М. Катцова. СПб.: Научно-технические технологии, 2022.
13. Данилов-Данильян В.И. Водные ресурсы — стратегический фактор долгосрочного развития экономики России // Вестник РАН. 2009. № 9. С. 789–796; Danilov-Danil'yan V.I. Water Resources: A Strategic Factor in the Long-Term Development of the Russian Economy // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2009. № 5. P. 420–426.
14. Порфирьев Б.Н. Парадигма низкоуглеродного развития и стратегия снижения рисков климатических изменений для экономики // Проблемы прогнозирования. 2019а. № 2. С. 3–13.
15. Порфирьев Б.Н. Эффективная стратегия действий в отношении изменений климата и их последствий для экономики России // Проблемы прогнозирования. 2019б. № 3. С. 3–16.
16. Порфирьев Б.Н. Декарбонизация versus адаптация экономики к климатическим изменениям в стратегии устойчивого развития // Проблемы прогнозирования. 2022. № 4. С. 45–54.

17. Commission Delegated Regulation (EU) 2022/1214 of 9 March 2022 amending Delegated Regulation (EU) 2021/2139 as regards economic activities in certain energy sectors and Delegated Regulation (EU) 2021/2178 as regards specific public disclosures for those economic activities. Document 32022R1214. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2022/1214/oj/eng
18. Серный проект / Годовой отчёт ПАО «ГМК «Норильский никель» за 2017 г. <https://ar2017.nornickel.ru/business-group/key-projects/sulphur-project>
19. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems / Ed. by G.C. Daily. Washington: Island Press, 1997.
20. Daily G.C., Söderqvist T., Aniyar S. et al. The Value of Nature and the Nature of Value // Science. 2000. Iss. 5478. P. 395–396.
21. Millennium Ecosystem Assessment, Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington: Island Press, 2005.
22. Emissions Gap Report 2022: The Closing Window – Climate crisis calls for rapid transformation of societies. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2022. <https://www.unep.org/emissions-gap-report-2022>
23. Порфирьев Б.Н., Широков А.А., Колпаков А.Ю. Стратегия низкоуглеродного развития: перспективы для экономики России // Мировая экономика и международные отношения. 2020. № 9. С. 22–33.
24. Порфирьев Б.Н., Широков А.А., Колпаков А.Ю., Единак Е.А. Возможности и риски политики климатического регулирования в России // Вопросы экономики. 2022. № 1. С. 72–89.
25. Широков А.А., Колпаков А.Ю. Целевой сценарий социально-экономического развития России с низким уровнем нетто-выбросов парниковых газов до 2060 года // Проблемы прогнозирования. 2023. № 6. С. 53–64.
26. Данилов-Данильян В.И., Катцов В.М., Порфирьев Б.Н. Проблема климатических изменений – поле сближения и взаимодействия естественных и социогуманитарных наук // Вестник РАН. 2020. № 10. С. 914–925; Danilov-Danil'yan V.I., Kattsov V.M., Porfiriev B.N. The Problem of Climate Change: The Field of Convergence and Interaction between Natural Sciences and the Sociohumanities // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2020. № 5. P. 577–587.

ECOLOGY AND CLIMATE: WHERE WE ARE NOW AND WHERE WE WILL BE IN TWO OR THREE DECADES SITUATION IN RUSSIA

V. I. Danilov-Danilyan^{1, #}, V. M. Kattsov^{2, ##}, and B. N. Porfiriev^{3, ###}

¹Water Problems Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

²Voeikov Main Geophysical Observatory of the Roshydromet, St. Petersburg, Russia

³Institute of Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

[#]E-mail: vidd38@yandex.ru

^{##}E-mail: director@main.mgo.rssi.ru

^{###}E-mail: b_porfiriev@mail.ru

The article is the second of the two contributions based upon the authors' studies and reports provided to Horizon-2040. It attempts to project the issues of global environmental and climate changes tackled in the previous paper on the situation in Russia. The most important challenges both existing now and assumed to exacerbate in the coming decades in environmental and climate change areas are contemplated. These include: air pollution and the quality of life of the population in cities; water resources and drinking water quality deterioration; biodiversity crisis and the state of specially protected areas. Also considered are climate change implications including basic trends, forecast scenario assessment and the effects on human health and economic activities. Key directions and priorities of the national environmental and climate policy, as well as recommendations on the long-term strategies to reduce climatic and environmental hazards to sustainable development are substantiated.

Keywords: ecology, climate, biodiversity, risks, harmful emissions, greenhouse gases, population, economy, net-zero development strategy, national interests.

ТОНКИЕ ПЛЁНКИ АДсорБИРОВАННОЙ ВОДЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ

© 2023 г. В. И. Осипов^{а,*}

^аИнститут геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва, Россия

*E-mail: osipov@geoenv.ru

Поступила в редакцию 30.05.2023 г.

После доработки 26.09.2023 г.

Принята к публикации 06.10.2023 г.

В статье рассматривается несоответствие между расчётом прочности тонкодисперсных грунтов на основе теории Кулона—Мора и фактическими данными. Основная причина этого — оценка эффективного напряжения грунтов по формуле К. Терцаги, которая не учитывает внутренние напряжения, возникающие на контактах частиц минералов с поверхностными плёнками адсорбированной воды. Автор предлагает модифицировать теорию Терцаги и перейти к использованию в формуле показателей общих (внешних и внутренних) напряжений.

Ключевые слова: эффективные напряжения, адсорбированная вода, тонкие плёнки адсорбированной воды, расклинивающее действие тонких плёнок, внутренние и внешние напряжения.

DOI: 10.31857/S0869587323110075, EDN: CNMTKP

В России изучение физико-химических процессов, происходящих в твёрдых пористых телах с участием воды, получило развитие благодаря академикам П.А. Ребиндеру и Б.В. Дерягину, а также их многочисленным ученикам, создавшим новое междисциплинарное научное направление — *физико-химическую механику пористых тел*. Она объединила современные достижения в области молекулярной физики, коллоидной химии и классической механики. При этом большое значение приобрела проблема тонких гидратных плёнок.

В 1980 г. по инициативе академика Е.М. Сергеева в Московском университете была создана межфакультетская программа по изучению роли тонких гидратных плёнок в геологических, био-

логических и почвенных объектах. В работе принимали участие физики, химики, биологи, математики, геологи, механики, почвоведы. Профессора Е.Д. Шукин, Н.В. Перцев, Р.И. Нигматуллин, С.С. Григорян и В.И. Осипов были приглашены в качестве научных руководителей разделов программы “Физико-химическая механика деформаций, разрушения и диспергирования дисперсных систем под действием жидких фаз”. По результатам междисциплинарных исследований коллектива учёных в 1985 г. в издательстве Московского университета вышла уникальная монография “Физико-химическая механика природных дисперсных систем” [1]. Настоящая статья является, по сути, продолжением этих работ и основана на применении достижений физико-химической механики для оценки и анализа природных глинистых систем. Так выявилась необходимость модификации широко распространённой теории эффективных напряжений К. Терцаги.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВ (ТЕОРИЯ ТЕРЦАГИ)

Согласно теории Кулона—Мора, прочность на сдвиг (τ) дисперсных пористых систем основывается на сохранении величины угла внутреннего трения и сцепления грунта с ростом внешнего на-



ОСИПОВ Виктор Иванович — академик РАН, научный руководитель ИГЭ РАН.

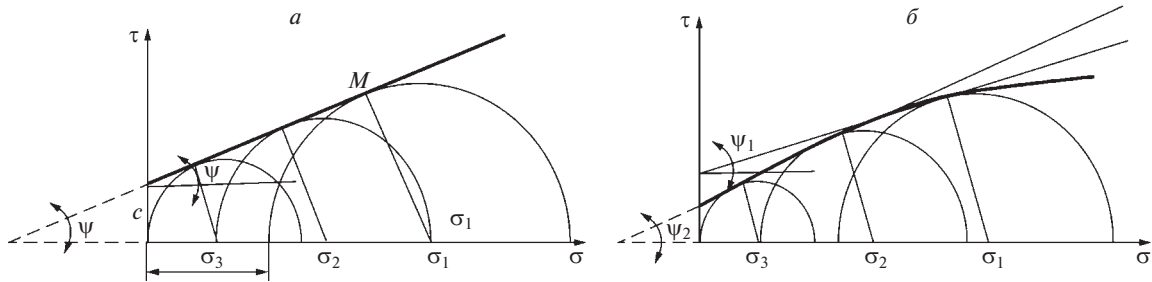


Рис. 1. Диаграмма сдвига, построенная в соответствии с теорией Кулона—Мора (а) и полученная по экспериментальным данным (б)

пряжения, то есть их *неизменности во всём диапазоне нормальных напряжений σ при сдвиге* (рис. 1, а):

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \phi + c, \quad (1)$$

где: c — отрезок, отсекаемый кривой сдвига на оси прочности; ϕ — угол наклона кривой напряжения сдвига к оси внешних напряжений (угол внутреннего трения).

Многочисленные экспериментальные данные показывают, что эти требования выполняются только для крупнообломочных дисперсных грунтов и песков. В то же время при работе со связными глинистыми грунтами огибающая круги напряжений (круги Мора) криволинейна, и лишь отдельные её отрезки могут быть аппроксимированы линейным уравнением Мора—Кулона (рис. 1, б). Особенно заметные отклонения наблюдаются при сдвиге слаболитифицированных грунтов в интервале нормальных нагрузок до 300 кПа. При более высоких напряжениях нелинейность графиков сдвига сглаживается.

Криволинейность огибающей кривой указывает на изменчивость угла внутреннего трения и сцепления в зависимости от напряжённого состояния. Это свидетельствует о несоответствии экспериментальных данных теоретическим, так как теория не отражает в полной мере свойства дисперсных систем и природу деформационных процессов, происходящих при сдвиге. Прежде всего это касается распределения напряжения при сдвиге во влажных телах, к которым относятся глинистые грунты.

Теория Кулона—Мора предусматривает равномерное распределение напряжения по всему объёму грунта с образованием общего напряжения $\sigma = p/s$ кПа. В действительности, согласно исследованиям К. Терцаги, только часть напряжения σ (получившая название *эффективное напряжение*) передаётся на скелет породы, а другая часть расходуется на формирование гидродинамического давления в поровой воде и не оказывает влияния на напряжённое состояние. Поэтому эффективное напряжение находится из выражения:

$$\sigma' = \sigma - u,$$

где: σ — общее внешнее напряжение; u — поровое давление. С учётом этого прочность на сдвиг получается из:

$$\tau = \operatorname{tg} \phi (\sigma - u) + c, \quad (2)$$

где: ϕ — угол внутреннего трения; c — структурное сцепление.

Теория эффективных напряжений, разработанная Терцаги, — одна из фундаментальных основ современной механики грунтов. Она широко используется при решении задач консолидации пористых проницаемых грунтов, объяснения причин разжижения песчаных пород при землетрясениях и иных вопросов. Кроме того, в производственной практике накоплен большой экспериментальный материал, свидетельствующий о том, что при применении теории Терцаги к тонкодисперсным (глинистым) грунтам с низкой проницаемостью сохраняется расхождение расчётных и экспериментальных данных. Неоднократно предпринимались попытки усовершенствовать уравнения. Несмотря на активные исследования в этом направлении, оставались нерешёнными вопросы перехода от напряжённого состояния твёрдого пористого тела к напряжённому состоянию влажных тонкодисперсных тел.

Главная неопределённость теории эффективных напряжений К. Терцаги заключается в том, что в ней не рассматриваются физико-химические процессы на границе минерал—вода, приводящие к образованию на поверхности частиц тонкой плёнки адсорбированной воды и появлению на контактах расклинивающего давления. Это давление, в свою очередь, создаёт внутреннее напряжение, которое, как и внешнее, передаётся на скелет грунта и влияет на его прочность.

ПЛЁНКИ АДсорБИРОВАННОЙ ВОДЫ

Механизм формирования. Адсорбированной считается тонкая плёнка воды, образующаяся под воздействием поверхностных сил минерала или других твёрдых тел и обладающая специфическими свойствами и структурой. Глинистые минералы активно участвуют в образовании двух её ви-

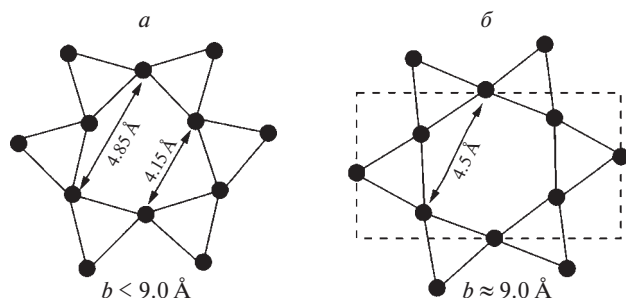


Рис. 2. Структурный мотив ячейки кислородной поверхности глинистого минерала (а) и ячейки свободной воды (б) [2]

дов. Первый — вода, скапливающаяся непосредственно на поверхности за счёт адсорбции её молекул из воздуха и удержании их в физически связанном состоянии. Адсорбция приводит к возникновению полимолекулярной *структурированной гидратной плёнки*. В основе этого механизма лежит реакция между молекулами воды и силикатной поверхностью минералов: образуются водородные связи, которые служат своеобразным мостиком между ними.

В формировании структурного слоя большую роль играет строение поверхности. Адсорбция молекул воды предусматривает наложение её слоёв на структурную сетку минерала (рис. 2). Несовместимость структуры воды и поверхности обуславливает эпитаксиальный механизм их взаимодействия, с постепенным приспособлением обеих структур друг к другу путём последовательных трансформаций водородных связей. Возникающие на границе минерал—вода напряжения распространяются внутрь слоя адсорбированной

воды и кристалла, вызывая изменение структуры воды и, соответственно, её свойств.

При повышении максимальной гигроскопической влажности в грунтах происходит образование второго вида адсорбированной воды — *воды диффузных гидратных оболочек* (рис. 3). Такая вода не имеет какой-либо упорядоченной структуры, тем не менее, как и вода структурно-ориентированной плёнки, находится под влиянием электрического поля частиц и обладает специфическими свойствами.

Толщина плёнок. Определение толщины плёнок адсорбированной воды проводилось [3–5] путём изучения адсорбции водяного пара на плоскостях стекла, кварца и слюды с одновременным эллипсометрическим измерением толщины полимолекулярной плёнки. Толщина плёнок первого типа (структурированного слоя) для глинистых минералов изменяется от 0.3 до 7.2 нм. При этом у кристаллов каолинита плёнка существенно толще (3.4–3.7 нм), чем у монтмориллонита (0.3–0.5 нм). Несмотря на это, монтмориллонит адсорбирует больше общего объёма воды, чем каолинит, за счёт подвижности структуры и значительной площади адсорбируемых поверхностей. Толщина же плёнки воды диффузных оболочек обменных катионов составляет от 50 до нескольких сотен нм и зависит от валентности катионов и их концентрации.

Свойства плёнок. Внимание на специфические свойства плёнок адсорбированной воды впервые обратил Б.В. Дерягин со своими учениками [3, 6]. Позднее изучение наноплёнок стало предметом многочисленных исследований отечественных и зарубежных учёных [2, 4, 7–12]. Наличие в них анизотропного напряжения, обусловленного де-

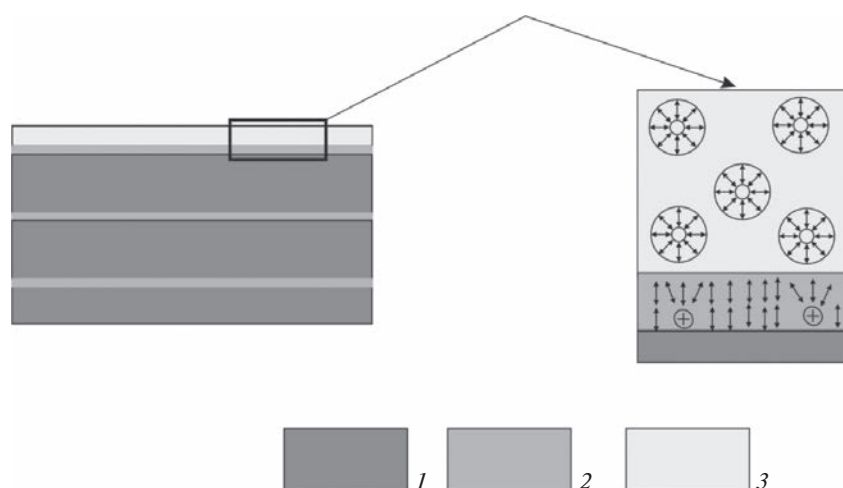


Рис. 3. Схема структуры плёнки адсорбированной воды на поверхности глинистого минерала
1 — поверхность минерала; 2 — структурно ориентированная адсорбированная вода; 3 — диффузная адсорбированная вода ионных атмосфер

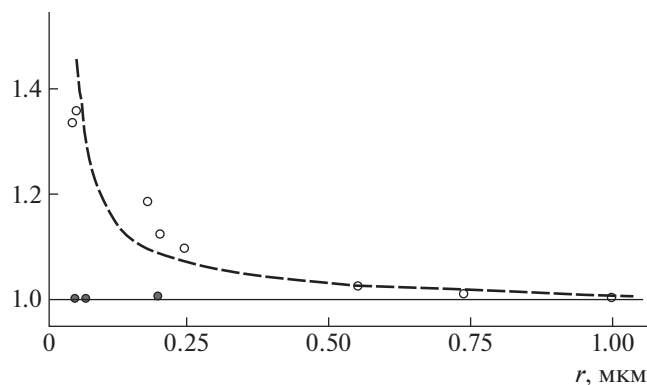


Рис. 4. Зависимость относительной вязкости воды (пунктир) и неполярной жидкости CCl_4 (сплошная линия) от радиуса кварцевых капилляров [14]

формацией водородных связей и образованием диффузных гидратных оболочек катионов, определяет их специфические гидродинамические характеристики, заключающиеся в том, что они не передают порового давления и не обладают взвешивающим эффектом. Кроме того, от свободной воды плёнки отличаются растворяющей способностью, теплофизическими, диэлектрическими и другими свойствами. Например, растворяющая способность воды в наноплёнках более чем в 10 раз ниже, чем у свободной воды [13].

Интерес представляют структурно-механические свойства наноплёнок, прежде всего их вязкость. Установлено, что вода в тонких плёнках обладает повышенной вязкостью по сравнению с обычной [11]. Это подтверждается её поведением в тонких капиллярах, сечение которых перекрывается адсорбированной водой. Вязкость начинает повышаться в капиллярах радиусом < 100 нм,

а в капиллярах радиусом ≈ 30 нм оказывается в 1.5 раза выше вязкости свободной воды (рис. 4). С повышенной вязкостью наноплёнок связано наличие в тонкодисперсных глинах начального градиента фильтрации. Следует отметить, что изменения структуры и свойств тонких плёнок характерны только для полярных жидкостей, подобных воде, в то время как в неполярных (в частности, в четырёххлористом углероде) такие изменения не происходят.

Подтверждением повышенной вязкости тонких плёнок воды служит скорость её испарения из капилляров. Эксперименты доказали, что вязкость воды в плёнке толщиной 3–4 нм составляет 0.03–0.05 пз (при 23–30°C), то есть в 3–5 раз превышает показатель свободной воды [11].

Плёнка проявляет сильную температурную зависимость. При повышении температуры она уменьшается, а при достижении 65°C полностью исчезает, что объясняется разрушением её структуры под влиянием теплового движения молекул (рис. 5, а). Фазовый переход адсорбированной воды в лёд происходит при более низких (отрицательных) температурах по сравнению со свободной: с уменьшением толщины плёнки снижается температура её замерзания (рис. 5, б).

Поровое пространство, занятое плёнками адсорбированной воды, обычно относится к общей пористости грунта. В то же время плёнки, обладающие специфическими гидродинамическими свойствами, не реагируют на сжимающее напряжение. Поэтому сжимаемость грунтов следует определять с учётом не общей, а активной пористости, что может привести к изменению коэффициента сжимаемости у лёгких суглинков до 2%, а у тяжёлых глин – до 8% [16].

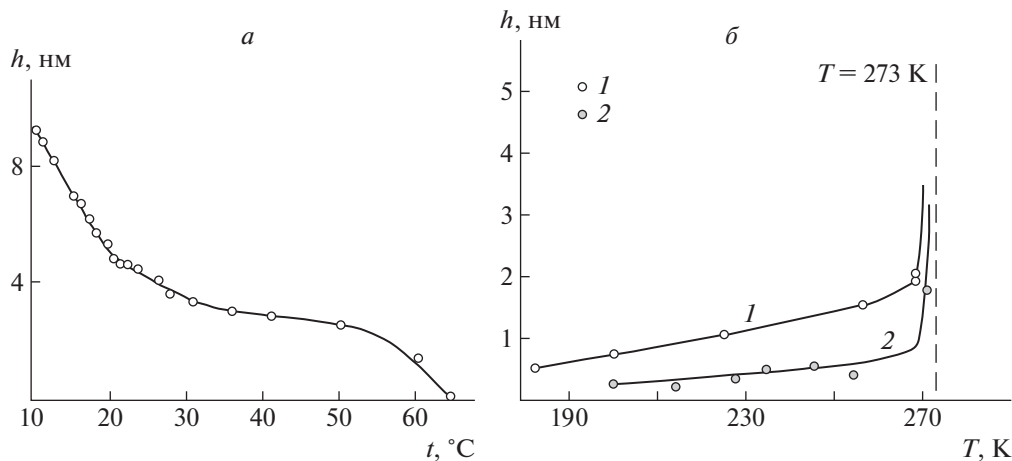


Рис. 5. Зависимость толщины плёнки адсорбированной воды а – на кварце от температуры [7]; б – незамёрзшей воды (h) от температуры на поверхности Са-каолинита (1) и На-монтмориллонита (2) [15]

РАСКЛИНИВАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ПЛЁНОК

Природа расклинивающего действия. При сближении частиц происходит перекрытие плёнок адсорбированной воды, сопровождающееся изменением свободной энергии Гиббса, что приводит к появлению сил отталкивания между частицами (рис. 6). Избыточное давление, которое проявляют плёнки при их перекрытии на контактах частиц, названо *расклинивающим давлением*. Благодаря наличию таких сил объясняются существование дисперсных систем в природе и предотвращение их коагуляции и укрупнения, а также появление давления в глинах при отсутствии возможности изменения их объёма (*давление набухания*).

Величина расклинивающего давления граничных плёнок $\Pi(h)$ определяется вкладом поверхностных сил притяжения и отталкивания различной природы между плоскостью минералов и адсорбированной водой [2–7, 11, 17, 18]. В первом приближении этот вклад можно считать аддитивным, состоящим из следующих компонентов:

$$\Pi(h) = \Pi_e(h) + \Pi_m(h) + \Pi_s(h),$$

где: Π_e – электростатическая составляющая, обусловленная перекрытием диффузных ионных слоёв заряженных поверхностей частиц и их отталкиванием; Π_m – молекулярная составляющая, сформированная в результате дисперсионного взаимодействия твёрдой подложки через тонкую плёнку жидкости и притягиванием частиц; Π_s – структурная составляющая, объясняемая перекрытием слоёв адсорбированной воды с изменённой структурой, взаимодействующих непосредственно с поверхностью минерала.

Входящие в выражение молекулярная, электростатическая и структурная компоненты расклинивающего давления действуют одновременно, но имеют различные закономерности изменений. Молекулярная составляющая – отрицательная, то есть стремится сблизить частицы и проявляется в той или иной степени при толщине граничной плёнки $\Pi_m < 50$ нм. Электростатическая и структурная компоненты – положительные и препятствуют сближению частиц. Электростатическая компонента Π_e характеризуется наибольшим дальностью действия, поэтому толстые плёнки воды на поверхностях минеральных зёрен в разбавленных электролитах устойчивы. Значение Π_e определяется величиной заряда плоскости минерала. При толщине плёнки менее 10 нм её устойчивость повышается в основном за счёт структурной компоненты расклинивающего давления Π_s .

Изотермы расклинивающего давления. Первые попытки определения расклинивающего давления были предприняты Б.В. Дерягиным и М.М. Кусаковым [3] путём измерения давления в тонкой гидратной плёнке на контакте твёрдой поверхности с пузырьком воздуха (рис. 7). В эксперименте

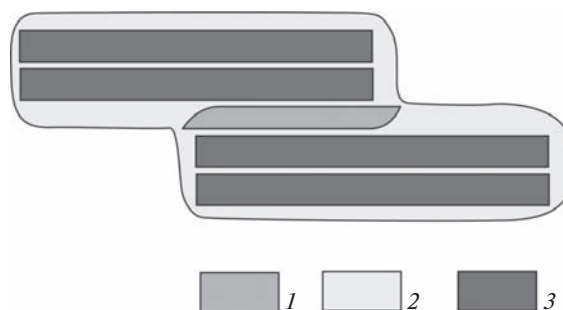


Рис. 6. Образование сил отталкивания между плоскими поверхностями при перекрытии плёнок адсорбированной воды

1 – зона перекрытия плёнок адсорбированной воды (расклинивающее давление); 2 – адсорбированная вода; 3 – частица

создавались условия, когда пузырьки воздуха различного радиуса R_0 , всплывая, приближались к твёрдой поверхности. Всплывший пузырёк образовывал с ней контактную площадку радиусом r_1 с граничной плёнкой толщиной h . Путём измерения радиуса пузырька и толщины граничной плёнки оценивалось расклинивающее давление по капиллярному давлению пузырька:

$$\Pi - 2\sigma_w/R_0 = \Delta P_k,$$

где: σ_w – поверхностное натяжение воды; ΔP_k – капиллярное давление пузырька; R_0 – радиус пузырька.

Зависимость суммарного действия сил расклинивающего давления граничной гидратной наноплёнки в зазоре между твёрдыми телами от толщины плёнки h получила название *изотерма расклинивающего давления* [5]. Качественная кар-

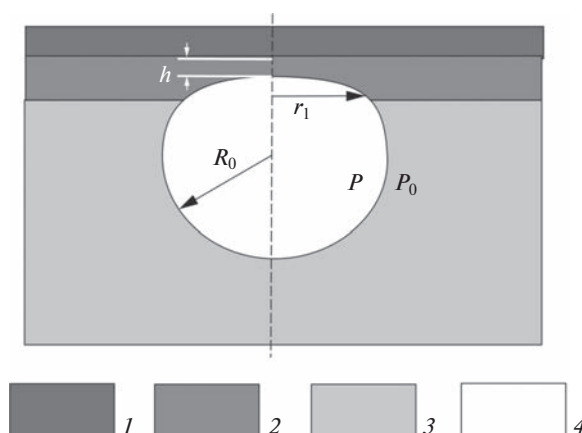


Рис. 7. Пузырьковый метод получения изотермы расклинивающего давления гидратной плёнки связанной воды

1 – твёрдое тело; 2 – адсорбированная вода; 3 – свободная вода; 4 – пузырёк воздуха

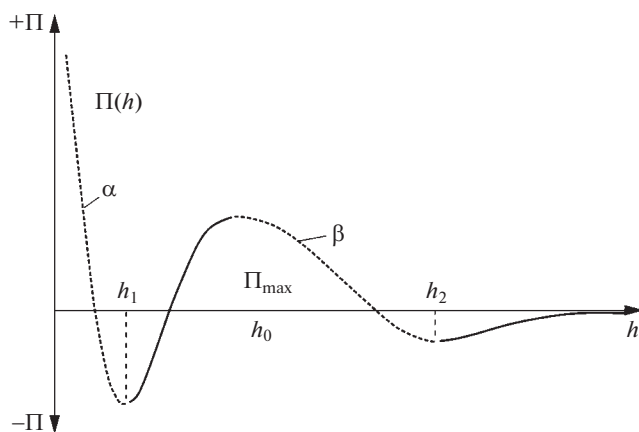


Рис. 8. Интегральная изотерма расклинивающего давления плёнки [5]

тина такой зависимости показана на рисунке 8: на диаграмме выделяются две ветви (α и β) устойчивости плёнок. Ветвь β соответствует плёнкам до нескольких сотен нанометров, она обусловлена расклинивающим действием электростатической составляющей и связана с перекрытием диффузных ионных слоёв. Ветвь α объясняется структурной составляющей расклинивающего давления тонкой поверхностной плёнки не более 10 нм. Толщина наноплёнок, отвечающая α - и β -ветвям изотерм адсорбции, характеризует термодинамически равновесные состояния, на которых могут фиксироваться взаимодействующие частицы и образовываться объёмные формации.

Обобщение экспериментальных данных по изучению расклинивающего давления β -плёнок в зависимости от их толщины дало значения от 0.1×10^4 до 1.4×10^4 дин/см². При благоприятных физико-химических условиях максимальное расклинивающее давление β -плёнки при её критической толщине достигает 3×10^6 дин/см² [5]; β -плёнка в 40–70 нм может разрушиться. Уменьшение толщины β -плёнки и её разрушение зависят от концентрации электролита в растворе и ряда других физико-химических факторов (например, понижения pH растворов до изоэлектрического состояния поверхности минерала).

КОНТАКТЫ В ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМАХ

Типы контактов. Передача напряжений в пористых дисперсных системах идёт не по всей межфазной поверхности грунта, а только в местах наибольшего сближения — контактах. Количество и характер индивидуальных контактов — важнейшее качество дисперсных структур, определяющее их деформационные, прочностные и иные свойства.

В зависимости от формы взаимодействующих частиц контакты могут быть нескольких геометрических типов: между сферическими частицами, между сферическими и плоскими частицами, между плоскими частицами. Последние подразделяются на контакты скол—скол, базис—скол и базис—базис [19]. Несмотря на разнообразие геометрических контактов, в энергетическом отношении их можно подразделить на три вида: коагуляционные, переходные (точечные) и фазовые [20–24]. Каждый из них характеризуется определённым механизмом образования и природой действующих в его зоне сил (рис. 9).

Коагуляционные контакты (см. рис. 9, а) формируются между действующими частицами при сохранении термодинамически устойчивой прослойки адсорбированной воды [20, 25]. В природных условиях они встречаются в таких водонасыщенных тонкодисперсных фракциях, как илы, слаболигифицированные глинистые осадки, набухающие глины пластичной или текучей консистенции и другие дисперсные системы. Важную роль в их образовании играют плёнки адсорбированной воды, противостоящие сближению частиц. Термодинамически устойчивое состояние коагуляционных контактов создаётся при определённых толщинах граничных плёнок, отвечающих α - и β -ветвям изотермы адсорбции. В соответствии с этим коагуляционные контакты принято подразделять на две разновидности: дальние, ориентировочно соответствующие толщине β -плёнки, и ближние, равные толщине α -плёнки. Как будет показано ниже, прочность дальних коагуляционных контактов достигает 10^{-10} Н, ближних — 10^{-9} – 10^{-8} Н.

Второй тип контактов формируется по мере уплотнения глинистых пород в водонасыщенном состоянии или их частичного обезвоживания при высушивании. Под влиянием внешних и внутренних факторов на отдельных неровностях (выступах) контактирующих поверхностей происходит продавливание (разрушение) гидратных граничных плёнок. В результате на небольших площадках непосредственного соприкосновения частиц (см. рис. 9, б) образуются новые, *точечные* (по терминологии П.А. Ребиндера), контакты. Это получается за счёт “холодной спайки” частиц или образования ионно-электростатических связей, подобных тем, какие существуют между слоями в структурах глинистых минералов. Поведение контактов определяется как расклинивающим действием гидратных плёнок (на коагуляционных участках контакта), так и более прочными силами химической и ионно-электростатической природы (в местах непосредственного соприкосновения частиц). Поэтому образующиеся таким путём контакты были названы *переходными* [20]. Их формированию способствует неоднородность рельефа поверхности их частиц.

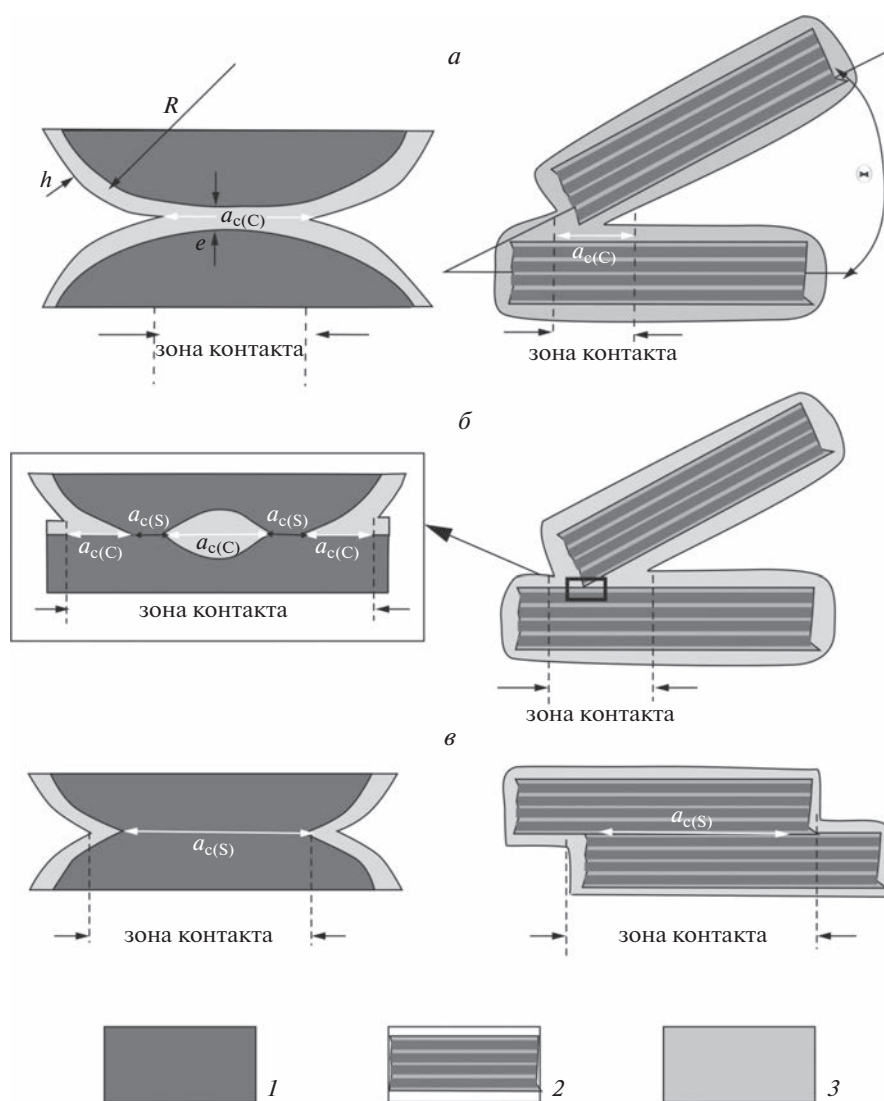


Рис. 9. Типы контактов

а — коагуляционные; *б* — переходные точечные; *в* — фазовые; 1, 2 — частицы; 3 — плёнка адсорбированной воды; $a_c(c)$ — участки коагуляционных контактов; $a_c(s)$ — участки фазовых контактов

На выступах водные плёнки могут прорываться, образуя фазовые участки контакта, а в углублениях, наоборот, сохраняются коагуляционные зоны. Расчёты показали, что прочность единичного переходного контакта может изменяться от 5×10^{-8} до 3×10^{-7} Н [26].

В процессе цементации или роста геостатического давления и температуры происходит образование наиболее прочных *фазовых контактов* (см. рис. 9, *в*). В их основе лежат ионно-электростатические и химические силы, под влиянием которых глинистые частицы трансформируются в более крупные ультра- и микроагрегаты — кристаллиты. По своей природе такие контакты подобны границам зёрен в поликристаллическом

теле [27]. Фазовые контакты распространены в сцементированных глинистых породах, аргиллитах, алевролитах, глинистых сланцах, представляющих собой типичные твёрдые тела, упруго деформирующиеся при приложении внешних нагрузок и хрупкие при достижении предельной прочности. Фазовые контакты практически не гидратируются, что обуславливает их водостойкость и полную потерю способности пород к набуханию.

Рассмотренные типы контактов формируются в ходе длительной геологической истории под воздействием внешних факторов, прежде всего гравитационного давления вышележащих пород, от которого зависит степень литификации. Процесс протекает при нагрузке до 20–30 МПа. Если

в дальнейшем нагрузка увеличивается, коагуляционные контакты постепенно превращаются в уплотнённые глины с переходными контактами и полутвёрдой консистенцией. При напряжениях 60–80 МПа формируются фазовые контакты, характерные для плотных сцементированных глинистых пород, аргиллитов и алевролитов [20].

Таким образом, роль расклинивающего действия гидратных плёнок зависит от степени литификации пород и постепенно снижается при переходе от пород с коагуляционными контактами к породам, в которых преобладают фазовые контакты. У последних расклинивающее давление отсутствует либо минимально.

Количество контактов. Для оценки количества контактов на единицу площади горизонтальной поверхности разработано несколько расчётных схем — моделей дисперсного пористого тела. Число контактов в этих моделях определяется размером и формой частиц, способом их укладки и тесно связано с пористостью. Чем мельче частицы и плотнее их упаковка, тем больше контактов на единицу площади.

Для описания глинистых пород, сложенных анизометричными частицами плоской формы, применялась модель “перекашивающегося карточного домика” [26]. В её основу положены представления о карточном домике, стенками которого являются тонкие диски, имитирующие пластинчатые глинистые частицы или листообразные микроагрегаты, контактирующие между собой. Для определения степени уплотнённости пород используется параметр q — среднее значение угла между частицами, а также оценивается число контактов на поверхности разрушения и в зависимости от среднего угла между глинистыми частицами. Расчёты, проведенные В.Н. Соколовым, показали, что для современного ила Каспийского моря количество контактов $\chi^q = 6.9 \times 10^7$ на см^2 . В то же время для морской хвалынской глины, отобранной в районе Волгограда и имеющей примерно такую же дисперсность, как ил, но более высокую степень уплотнения структурных элементов, $\chi^q = 3.9 \times 10^8$ на см^2 . Для глинистого сланца χ^q возрастает до 4.4×10^8 на см^2 .

Площадь контактов. Площадь коагуляционного контакта двух сферических частиц (a_c) определяется их радиусом (R) и толщиной гидратной плёнки h . Параметр a_c характеризует зону перекрытия гидратных плёнок контактирующих частиц, в пределах которой существует расклинивающее давление.

Согласно расчётам Соколова, площадь контакта двух одинаковых сферических частиц диаметром 1 мкм — $a_c \approx 8 \times 10^4 \text{ нм}^2$ ($\approx 8 \times 10^{-10} \text{ см}^2$) [26]. Площадь контакта двух плоских одинаковых по размеру частиц, расположенных друг к другу под

углом θ , находится иным путём. При $\theta \rightarrow 0$, когда пластинки расположены параллельно и полностью перекрывают друг друга, площадь контакта будет обусловлена размерами перекрывающих частиц. Для частиц не более 1 мкм она составит около 10^6 нм^2 (10^{-8} см^2). При $\theta \rightarrow 90^\circ$, когда частицы располагаются перпендикулярно друг к другу, площадь контакта минимальная — около $1.6 \times 10^5 \text{ нм}^2$ ($1.6 \times 10^{-9} \text{ см}^2$).

Прочность контактов. Помимо количества контактов на единицу площади, необходимо знать прочность образующихся единичных коагуляционных контактов. Её принято оценивать испытанием на разрыв. При одновременном разрыве тела прочность индивидуального контакта находится из выражения:

$$Pi = P_C / X,$$

где: P_C — прочность тела на разрыв; X — количество контактов на единицу площади разрыва. На основе опытов и расчётов, выполненных В.Н. Соколовым, получены значения Pi между глинистыми частицами размеров 1 мкм для дальних коагуляционных контактов, равные 10^{-10} Н , а для ближних коагуляционных контактов — 10^{-9} – $5 \times 10^{-8} \text{ Н}$. Кроме того, сцепление зависит от рН раствора и содержания в нём солей: в щелочной среде и с повышением солей притяжение частиц может увеличиваться.

МОДИФИКАЦИЯ ТЕОРИИ К. ТЕРЦАГИ

Напряжения, возникающие в грунтах, — сложная функция внешних воздействий и внутренних процессов, выходящая далеко за пределы простого учёта прилагаемой нагрузки и оценки порового давления. В теории К. Терцаги не учитываются физико-химические процессы на границе минерал–вода, приводящие к образованию на поверхности частиц тонкой плёнки адсорбированной воды и появлению на контактах расклинивающего давления. Это давление создаёт внутреннее напряжение, которое, как и внешнее, передаётся на скелет грунта и влияет на его прочность. Поэтому напряжённое состояние глинистых грунтов представляет собой функцию нескольких факторов: общего напряжения, прилагаемого к грунту; порового давления воды; расклинивающего давления гидратных плёнок на контактах частиц. Получаемую при учёте всех трёх факторов величину следует называть *суммарным (истинным) эффективным напряжением*.

Данные по расклинивающему действию тонких плёнок воды позволяют модифицировать теорию эффективных напряжений Терцаги применительно к глинистым грунтам. Реальное эффективное напряжение для них будет определяться из следующего выражения [28]:

$$\sigma'' = \sigma - \sigma_p - u', \quad (3)$$

где: σ'' — суммарное (истинное) эффективное напряжение; σ — внешнее давление; u' — активное поровое пространство, в котором формируется поровое давление, получаемое путём вычета из общего объёма пор объёма тех из них, которые заняты адсорбированной водой; σ_p — расклинивающее давление тонких плёнок адсорбированной воды, которое находится по формуле:

$$\sigma_p = \chi P(h) a_c, \quad (4)$$

где: χ — количество коагуляционных контактов на единицу площади поверхности; $P(h)$ — расклинивающее давление на коагуляционном контакте; a_c — площадь коагуляционного контакта.

Тогда прочность дисперсных систем будет определяться как:

$$\tau = \operatorname{tg} \phi (\sigma - \sigma_p - u') + c. \quad (5)$$

В выражение (5) вошли два новых параметра, отсутствующие в формуле Терцаги. Первый — $\chi P(h) a_c$ — характеризует внутреннее напряжение, возникающее в результате расклинивающего действия плёнок. В наибольшей степени он проявляется во влажных глинах с коагуляционными контактами, в которых они широко распространены и существенно влияют на внутреннее напряжение системы. При переходе к уплотнённым и высоколитифицированным глинистым образованиям эффект гидратных плёнок ослабевает и полностью исчезает. Второй параметр (u') отражает давление в порах, занятых свободной водой. Для нахождения u' необходимо из общего объёма вычесть объём пор, занятых адсорбированной водой.

Модификация формулы К. Терцаги позволяет использовать теорию реальных эффективных напряжений при оценке не только прочности, но и ряда важнейших свойств грунтов, в частности, способности тонких минеральных частиц находиться в устойчивом состоянии в водной среде. Поверхностные плёнки стимулируют расклинивающее действие на контактах частиц и противостоят молекулярным силам притяжения, стремящимся вызвать коагуляцию и укрупнение структурных элементов.

Другая специфическая особенность глин — их пластичность, обусловленная наличием на контактах тонких плёнок адсорбированной воды, обладающей вязким трением. При отсутствии таких плёнок свободная вода легко отжимается из контактной зоны и не препятствует образованию сухого контакта между взаимодействующими частицами. Соответственно, исчезает эффект вязкого трения, а вместе с ним — пластичность всей системы. Ранее уже упоминалось о такой специфической особенности глинистых формаций, как

давление набухания при увлажнении. Это непосредственный результат расклинивающего действия гидратных плёнок. Указанные процессы развиваются при взаимодействии минералов с водой даже при неизменности внешнего напряжения.

Применение теории реальных эффективных напряжений с учётом внешних и внутренних источников энергии позволит повысить точность вычислений и расширить возможности базового уравнения механики грунтов для расчёта прочности и других свойств дисперсных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физико-химическая механика природных дисперсных систем / Под ред. Е.Д. Шукина, Н.В. Перцева, В.И. Осипова, Р.Н. Злочевской. М.: Изд-во Московского университета, 1985.
2. Ravina J., Low P.F. Relation between swelling, water properties and b-dimension in montmorillonite-water systems // *Clays and clay minerals*. 1972. V. 20. P. 109–123.
3. Дерягин Б.В., Кусаков М.М. Свойства тонких слоёв жидкостей // *Известия АН СССР. Серия химическая*. 1936. № 5. С. 741–753.
4. Read A.D., Kitchener J.A. Wetting films of silica // *J. Colloid and Interface Sci.* 1969. № 3. P. 391–398.
5. Дерягин Б.В., Чураев Н.В. Изотерма расклинивающего давления плёнок воды на поверхности кварца // *Доклады АН СССР*. 1972. № 3. С. 572–575.
6. Дерягин Б.В., Обухов Е.В. Аномальные свойства тонких слоёв жидкости. Ультрамикроскопические исследования лиосфер (солевых оболочек) и элементарного акта набухания // *Коллоидный журнал*. 1935. Т. 1. С. 385–398.
7. Дерягин Б.В. Теория устойчивости коллоидов и тонких плёнок. М.: Наука, 1986.
8. Злочевская Р.И. Связанная вода в глинистых грунтах. М.: Изд-во МГУ, 1969.
9. Связанная вода в дисперсных системах. Вып. 4. М.: Изд-во МГУ, 1977.
10. Поверхностные плёнки воды в дисперсных структурах / Под ред. Е.Д. Шукина. М.: Изд-во МГУ, 1988.
11. Дерягин Б.В., Чураев Н.В. Смачивающие плёнки. М.: Наука, 1984.
12. Осипов В.И. Наноплёнки адсорбированной воды в глинах, механизм их образования и свойства // *Геоэкология*. 2011. № 4. 291–305.
13. Краснушкин А.В., Квилидзе В.И., Ядынина И.В. К вопросу о растворяющей способности связанной воды // *Связанная вода в дисперсных системах*. 1980. № 5. С. 99–104.
14. Зорин З.М., Соболев В.Д., Чураев Н.В. Изменение капиллярного давления поверхностного натяжения и вязкости жидкости в кварцевых микрокапиллярах // *Поверхностные силы в тонких плёнках и дисперсных системах*. М.: Наука, 1972. С. 214–221.

15. Квилидзе В.И., Краснушкин А.В., Злочевская Р.И. Свойства поверхностных плёнок и слоёв воды // Поверхностные плёнки воды в дисперсных структурах. М.: Изд-во МГУ, 1988. С. 48–67.
16. Осипов В.И., Карпенко Ф.С., Румянцева П.Н. Активная пористость и её влияние на физико-механические свойства глинистых грунтов // Геоэкология. 2014. № 3. С. 262–269.
17. Дерягин Б.В. Теория устойчивости коллоидов и тонких плёнок. М.: Наука, 1986.
18. Карпенко Ф.С., Кутергин В.Н., Кальбергенов Р.Г. Влияние расклинивающего действия гидратных плёнок на прочностные свойства глинистых грунтов // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология. 2018. № 4. С. 68–74.
19. Осипов В.И., Соколов В.Н., Румянцева Н.А. Микроструктура глинистых пород. М.: Недра, 1969.
20. Осипов В.И., Соколов В.Н. Глины и их свойства. М.: ГЕОС, 2013.
21. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика. М.: Знание, 1958.
22. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика дисперсных структур. М.: Наука, 1966. С. 3–16.
23. Шукин Е.Д., Перцев А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. М.: Изд-во МГУ, 1982.
24. Соколов В.Н. Физико-химические аспекты механического поведения глинистых грунтов // Инженерная геология. 1985. № 4. С. 28–41.
25. Яминский В.В., Пчелин В.А., Амелина Е.А., Шукин Е.Д. Коагуляционные контакты в дисперсных системах. М.: Химия, 1982.
26. Соколов В.Н. Модели микроструктур глинистых грунтов // Инженерная геология. 1991. № 6. С. 32–40.
27. Осипов В.И., Соколов В.Н. Роль ионно-электростатических сил в формировании структурных связей глин // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. 1974. № 1. С. 16–22.
28. Осипов В.И. Физико-химическая теория эффективных напряжений в грунтах // Геоэкология. 2013. № 1. С. 3–24.

THIN FILMS OF ADSORBED WATER AND THEIR INFLUENCE ON EFFECTIVE TENSION IN CLAYEY SOILS

V. I. Osipov^{1, #}

¹*Sergeev Institute of Environmental Geoscience Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

[#]*E-mail: osipov@geoenv.ru*

Examples of the discrepancy between the calculation of the strength of fine-grained soils based on the Mohr–Coulomb theory and actual data are considered. The main reason for the discrepancy is the estimation of the effective stress of soils according to the formula of K. Terzaghi, which does not take into account the internal stresses that occur at the contacts of the particles when the surface films of adsorbed water overlap. It is proposed to modify the theory of K. Terzaghi and switch to the using of general (external and internal) stresses.

Keywords: effective stresses, adsorbed water, thin films of adsorbed water, disjoining action of thin films, internal and external stresses.

ГАЗОВАЯ ОТРАСЛЬ КНР И РОССИЙСКИЕ ЭКСПОРТНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

© 2023 г. Д. И. Кондратов^{a,*}

^aИнститут экономики РАН, Москва, Россия

*E-mail: dmikondratov@yandex.ru

Поступила в редакцию 29.06.2023 г.

После доработки 08.09.2023 г.

Принята к публикации 08.10.2023 г.

В статье анализируются состояние газового рынка Китая и факторы долгосрочной динамики спроса на газ в КНР. Автором предпринята попытка провести оценку расширения присутствия России на китайском газовом рынке, дать промежуточные рекомендации по использованию потенциала развития энергетического сотрудничества КНР и России. Необходимо учитывать, что северо-восточные провинции Китая, расположенные вблизи границы с нашей страной, благодаря газопроводу “Сила Сибири” будут обеспечены российским газом. Однако недостаточное развитие в Китае соответствующей инфраструктуры – трубопроводных мощностей, газовых хранилищ, распределительных сетей – не позволит России значительно нарастить экспорт по этому газопроводу. Ещё в большей степени указанные ограничительные факторы касаются проекта газопровода “Сила Сибири-2”. По мнению автора, наиболее перспективным способом увеличения экспорта российского газа в КНР может стать организация поставок российского сжиженного природного газа в приморские районы Китая, в которых прогнозируется устойчивый рост спроса на газ.

Ключевые слова: Китай, газ, российско-китайское энергетическое сотрудничество, топливно-энергетический сектор КНР.

DOI: 10.31857/S0869587323110051, EDN: CNPHBI

Энергетика КНР находится сегодня в состоянии трансформации, что объясняется последовательным переходом экономики к постиндустриальной модели роста: увеличением доли сферы услуг в ВВП при одновременном уменьшении удельного веса промышленности, а также ростом потребности в экологически чистых технологиях и изменением потребительских предпочтений. Международные эксперты отмечают также переход китайской энергетики к более экологичной,

диверсифицированной и менее энергоёмкой модели развития. Тем не менее скорость указанных изменений пока не очевидна.

В настоящее время развитие энергетики Китая определяется следующими факторами (табл. 1):

- Китай – самая густонаселённая страна в мире, её экономика (как по номинальному ВВП, так и по паритету покупательной способности) – одна из крупнейших. Быстро увеличивающееся потребление основных видов энергии сделало Китай одним из важнейших участников международной торговли невозобновляемыми источниками энергии – нефтью, газом, углём;

- Китай – второй по объёму мировой потребитель жидких углеводородов после США;

- пик добычи на действующих китайских нефтяных месторождениях практически пройден; ведущие компании страны фокусируют внимание на геологоразведке внутренних областей Западного Китая и шельфа, а также на разработке сланцевых месторождений;



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

Таблица 1. Основные макроэкономические и энергетические показатели Китая

Показатель	2010	2022
ВВП по ППС в постоянных ценах 2015 г., трлн долл.	13.81	30.67
<i>Доля в мировом ВВП, %</i>	14.0	21.4
Добыча жидких углеводородов, млн барр./сут.	4.08	4.2
<i>Доля в мировой добыче жидких углеводородов, %</i>	4.7	4.1
Потребление жидких углеводородов, млн барр./сут.	9.07	15.01
<i>Доля в мировом потреблении жидких углеводородов, %</i>	10.3	15.0
Импорт нефти, млн барр./сут.	4.08	10.19
<i>Доля в мировом импорте нефти, %</i>	9.8	22.8
Добыча газа, млрд м ³	91.5	212.5
<i>Доля в мировой добыче газа, %</i>	2.9	5.2
Потребление газа, млрд м ³	107.9	366.3
<i>Доля в мировом потреблении газа, %</i>	3.4	9.1
Импорт газа (включая трубопроводный), млрд м ³	16.48	147.80
<i>Доля в мировом импорте газа, %</i>	1.6	11.1
Импорт СПГ, млн т	9.6	63.4
<i>Доля в мировом импорте СПГ, %</i>	4.3	15.9
Добыча угля, млн т	3140	4237
<i>Доля в мировой добыче угля, %</i>	47.0	50.9
Потребление угля, млн т	3183	4250
<i>Доля в мировом потреблении угля, %</i>	45.0	53.0

Источники: [1; 2; 3. Р. 108, 111; 4]

• несмотря на увеличение потребления газа, его доля в 2022 г. составила лишь 8.5% общего объёма потребления первичной энергии;

• страна обладает крупными ресурсами нетрадиционных углеводородов¹, освоение которых может повлиять на долгосрочные перспективы импорта нефти и газа;

• Китай — мировой лидер по добыче и потреблению угля; по оценкам Международного энергетического агентства, в 2022 г. на КНР приходилось 50.9% добычи и 53.0% мирового потребления угля;

• для КНР характерна относительно невысокая доля традиционной биомассы и отходов в первичном потреблении энергии. По оценкам

¹ К нетрадиционным углеводородам относятся: газ газовых гидратов, угольных пластов, сланцевых отложений, высоковязкая нефть, извлеченная из битуминозных песков, нефть сланцевых отложений, нефть низкопроницаемых пород.

Национального бюро статистики КНР, в 2022 г. они составили лишь 3.5%, или 124.8 млн т нефтяного эквивалента (н.э.), что отличает энергобаланс КНР от многих стран Азиатско-Тихоокеанского региона, в частности Мьянмы (в 2020 г. доля биомассы и отходов в потреблении первичных энергетических ресурсов — 71.4%), Вьетнама (25.4%), Индии (18.5%), Индонезии (12.7%);

• Китай — один из ключевых игроков в сфере развития возобновляемой энергетики и низкоуглеродных технологий, крупнейший экспортёр оборудования для солнечной энергетики;

• страна активно участвует в зарубежных энергетических проектах с целью получения новых технологий, повышения энергетической безопасности, создания новых производственных цепочек;

• Китай лидирует по выбросам CO₂ от энергетических источников (31.8% мировой эмиссии), что негативно сказывается на окружающей среде,

международном имидже страны и отчасти на социально-политической обстановке. Власти Китая пытаются ограничить рост выбросов CO_2 за счёт развития возобновляемых источников энергии, газовой генерации и других видов низкоуглеродной энергетики.

Энергетика — одна из приоритетных сфер сотрудничества России и Китая. Возможность его расширения в этой сфере определяется несколькими факторами. Как крупнейший производитель энергоресурсов наша страна заинтересована в бесперебойных поставках и стабильных ценах, а Китай может выступать платформой для разработки единых принципов торгово-экономической политики. Воздействие на мировые рынки энергоресурсов может осуществляться за счёт общей скоординированной политики России и КНР, учитывая значимость совокупной доли энергоресурсов двух стран.

В связи с западными санкциями по отношению к российским нефтегазовым предприятиям и проектам, а также давлением властей США на Евросоюз с целью расширения экспорта собственного СПГ Россия заинтересована в развитии альтернативных европейскому направлению поставок энергоресурсов. В этих условиях Китай, где собственных энергоресурсов недостаточно, становится перспективным рынком для России. Среди основных направлений сотрудничества — наращивание поставок газа в Китай, а также привлечение китайских инвестиций в российский ТЭК.

ГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ КНР

При разработке стратегий перехода к низкоуглеродным технологиям китайские нефтегазовые компании всё больше внимания уделяют природному газу, планируют увеличить его долю в своих портфелях как внутри страны, так и за рубежом.

Структура отрасли. В 2022 г. тремя основными добывающими компаниями Китая (CNPC, Sinopec и CNOOC) было добыто 85.6% природного газа в стране. Крупнейшей из них, CNPC, — 126.6 млрд м^3 (59.6% всей добычи), Sinopec — 35.4 млрд м^3 (16.6%), CNOOC — 20.1 млрд м^3 (9.4%). К 2025 г. CNPC планирует довести долю природного газа в добыче ископаемого топлива до 48.6%, CNOOC — до 33%. Sinopec наметила ежегодное наращивание добычи природного газа в среднем более чем на 10% в течение следующих трёх лет.

Стратегия перехода от жидких углеводородов к природному газу наметилась у нефтяных корпораций ещё до постановки Китаем новых климатических целей. Как отмечалось ранее в работе автора [5], природный газ считается наиболее эффективным, практичным и доступным средством достижения поставленных целей; добыча его рас-

тёт быстрее, чем нефти. Кроме того, при текущих устанавливаемых государством ценах традиционная добыча природного газа на внутреннем рынке прибыльна. Сланцевый природный газ на этом рынке также может выйти на уровень безубыточности при продолжении выделения субсидий и предоставления налоговых льгот со стороны правительства.

Китайские национальные нефтегазовые компании представляют собой высокоразвитые мирового масштаба гибридные производственно-технологические комплексы, нечто среднее между международными гигантами (такими, как BP, ExxonMobil, Shell, Chevron), и принадлежащими государству национальными нефтяными, нефтеперерабатывающими и нефтехимическими компаниями. Можно сказать, что они уже стали ярким примером новой категории игроков на мировом рынке ТЭК — международными национальными топливно-энергетическими корпорациями.

За счёт целенаправленной государственной политики Китая удалось за два с небольшим десятилетия реализовать то, что задумывалось в СССР при организации межотраслевых научно-технических комплексов (МНТК “Нефтеотдача”, “Союзнефтепромхим”, “Порошковая металлургия”, “Микрохирургия глаза” и др.), целью которых было “проведение всего цикла работ по созданию и освоению производства высокоэффективных видов техники, технологий и материалов новых поколений” (Постановление ЦК КПСС и СМ СССР от 12 декабря 1985 г. № 1230).

Запасы. По данным Energy Institute [6], на конец 2020 г. доказанные запасы газа в Китае составляли 8.4 трлн м^3 , или 4.5% мировых, а по оценкам ОПЕК [4] — 3.1 трлн м^3 , или 1.5% мировых. По запасам газа Китай занимает первое место в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Отметим, что с 1998 г. по настоящее время объём доказанных запасов газа в Китае увеличился в 6.1 раза (по данным ОПЕК — в 2.51 раза), что отражает интенсивность проводимых в стране геологоразведочных работ. В перспективе следует ожидать дальнейшего прироста доказанных запасов.

Запасы природного газа в КНР сосредоточены в следующих районах: провинциях Сычуань (Сычуанский бассейн), Шэньси (бассейн Ордос), Цинхай (бассейн Кайдам) и Синьцзян-Уйгурском автономном районе (Таримский и Джунгарский бассейны). На старейших газовых месторождениях Сычуанского бассейна сосредоточено около 1–1.5 трлн м^3 нефтегазового сырья, но его освоение связано с техническими трудностями, поскольку газ частично залегает в плотных труднопроницаемых коллекторах. Потенциал Таримского бассейна оценивается в 1 трлн м^3 сырья, располагающиеся здесь крупные месторождения



Рис. 1. Добыча газа в Китае, млрд м³
Источники: [1, 2, 7]

(Кела, Дина и Дабэй) свидетельствуют о колоссальных перспективах ещё практически не изученного с геологической точки зрения региона. Сложные геологические условия и удалённость бассейна от основных потребляющих регионов делают его освоение слишком дорогим. Крупными газовыми месторождениями северо-запада Китая могут стать недавно открытые залежи в бассейне Юнгар в Синьцзян-Уйгурском автономном районе и бассейне Кайдам (0.2 трлн м³) в провинции Цинхай. Ключевые запасы бассейна Ордос сосредоточены в пределах месторождений Чанцин, крупнейшее из них — Сулидж (около 0.5 трлн м³). Запасы попутного нефтяного газа в бассейне Сунляо на северо-востоке Китая, составляют 0.4 трлн м³.

Запасы газа на шельфе Южно-Китайского моря (бассейн Йингхай, комплекс Панью) оцениваются в 1–2 трлн м³, на шельфе Восточно-Китайского моря (блоки Бокси и Бонан) — свыше 150 млрд м³. Однако необходимо отметить, что до настоящего времени остаются неурегулированными территориальные споры с Вьетнамом, Индонезией, Малайзией, Филиппинами и Брунеем в акватории Южно-Китайского моря, с Японией в акватории Восточно-Китайского моря.

Запасы метана угольных пластов бассейнов Циньшуй и Ордос (восточная часть), контролируемые компанией CNPC, по итогам проведённых в 2012 г. геологоразведочных работ превысили 200 млрд м³. Здесь работает ряд совместных с зарубежными нефтегазовыми компаниями предприятий. Кроме того, CNPC изучает запасы сланцевого газа в провинциях Сычуань (в том числе в рамках соглашения о разделе продукции с BP) и Юннань, а компания Sinopec — в муниципалитете

Чунцин. По оценкам Управления энергетической информации США, извлекаемые запасы сланцевого газа Китая составляют 31.2 трлн м³, что ставит страну на первое место по данному показателю в мире (доказанные запасы по состоянию на начало 2017 г. — 544 млрд м³). Большая часть этих запасов располагается в южных и западных регионах страны (Сычуань и Таримский бассейн), а также в бассейнах на севере и северо-востоке КНР. По данным Министерства земельных ресурсов Китая, ресурсы сланцевого газа оцениваются на уровне 24.7 трлн м³, а доказанные запасы (по состоянию на конец апреля 2018 г.) — более 1 трлн м³, из них более 600 млрд м³ — запасы крупнейшего в стране месторождения сланцевого газа Чунцин Фулинг, его оператором выступает Sinopec.

Добыча природного газа. По данным Форума стран-экспортёров газа и Совместной инициативы по нефтяной статистике (JODI) со ссылкой на Национальное бюро статистики КНР, в 2022 г., несмотря на введение антиковидных ограничений и замедление экономической активности, на территории КНР было добыто 212.5 млрд м³ (рис. 1) природного газа, что на 3.7% выше уровня 2021 г. С 2010 г. объём газодобычи в стране увеличился в 2.35 раза, главным образом за счёт освоения месторождений в сосредоточениях плотных пород и сланцевого газа. Так, по оценкам Форума стран-экспортёров газа, в 2022 г. добыча газа из низкопроницаемых пластов составила 50.3 млрд м³, что в 3 раза выше уровня 2010 г.

В 2022 г. добыча сланцевого газа достигла 26.4 млрд м³, увеличившись на 15.8% к предыдущему году. По данным компании Sinopec, в 2021 г. добыча газа на крупнейшем сланцевом место-

рождении Фулинг составила 9.98 млрд м³, что на 1.53 млрд м³ выше уровня 2020 г.

5 сентября 2018 г. Государственный совет КНР выпустил программный документ “Дополнительные меры по координации и устойчивому развитию газового сектора”, в котором говорится о необходимости активизации внутренних усилий по разведке и разработке месторождений, а также углубления реформы системы управления добычей углеводородов. В соответствии с этим документом все нефтегазовые предприятия обязаны всесторонне увеличивать инвестиции внутренних фондов разведки и разработки и соответствующие объёмы работ, чтобы обеспечить рост собственной добычи природного газа в КНР до 240–260 млрд м³ в год уже в 2025 г. и до 280–300 млрд м³ — к 2030 г.

Следует отметить, что важным фактором изменения китайского газового рынка стала добыча газа из сланцевых пород и угольных пластов. Китай располагает значительными запасами сланцевых углеводородов, в том числе сланцевого газа. Заметны успехи китайской промышленности в процессе разработки чрезвычайно сложных месторождений сланцевого газа, однако геологические условия его залегания, в частности в провинции Сычуань, делают добычу достаточно дорогой. Необходимость бурения большего, чем, например, в США, количества скважин на большую глубину для получения сопоставимого количества газа заметно увеличивает себестоимость добычи газа в Китае, однако его стоимость на устье скважины остаётся существенно ниже стоимости импортного СПГ. Таким образом, после решения проблемы транспортной инфраструктуры и проблем, связанных с добычей, сланцевый газ может начать играть заметную роль на газовом рынке КНР.

В 2022 г. добыча метана из угольных пластов составила 11.2 млрд м³. Основные регионы — Цинхуа в Синьцзяне, Кэци в Датане, Хуэйнань и Синьтянь во Внутренней Монголии. Из-за высокой стоимости добычи и недостаточных инвестиций в производство добыча метана угольных пластов растёт медленно. Учитывая масштаб добычи угля в КНР, сопутствующее ей выделение метана из угольных пластов служит ценным ресурсом, который можно использовать в качестве топлива. Тем не менее, несмотря на активную политику правительства КНР по стимулированию установки оборудования для сбора и хранения метана на угольных шахтах, этот ресурс пока не используется должным образом.

Анализ спутниковых данных [8], проведённый специалистами Национального управления океанических и атмосферных исследований США (NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration) и Института космических исследований

Нидерландов (Netherlands Institute for Space Research), показывает, что в 2010-е годы рост выбросов метана с территории КНР продолжал расти, то есть в угольной промышленности Китая метан продолжает выбрасываться в атмосферу, а не направляться в локальную газотранспортную систему. Подобная ситуация говорит о том, что на текущий момент метан из угольных пластов остаётся в значительной степени невостребованным.

Потребление. По оценкам Национального бюро статистики КНР и Форума стран-экспортеров газа, в 2022 г. потребление природного газа снизилось на 1.7% к уровню 2021 г., до 360.5 млрд м³. Однако, несмотря на уменьшение спроса на газ, вызванного антиковидными ограничениями и замедлением экономической активности, потребление указанного ископаемого ресурса растёт достаточно быстрыми темпами, что связано с экологической повесткой дня. По данным Международного энергетического агентства, с 2005 по 2022 г. потребление газа в Китае возросло в 7.8 раза. Тем не менее в структуре потребления первичной энергии доля газа остаётся достаточно низкой и составляет всего 8.5%.

Основными потребителями природного газа в Китае являются: промышленность (включая нефтехимическую) — 40.8%, общественный и коммерческий сектор — 17.8%, электроэнергетика — 16.0%, транспорт — 6.4% (рис. 2). В будущем перспективными сферами потребления газа с самым быстрым ростом станут коммунальное хозяйство, промышленность и выработка электроэнергии.

Заглядывая вперёд, можно утверждать, что китайская государственная политика в области климата и охраны окружающей среды будет оставаться главной движущей силой развития рынка природного газа в Китае. По оценке CNPC, ожидается, что спрос на рынке природного газа в стране к 2025 г. достигнет 450–480 млрд м³ и 550–580 млрд м³ к 2030 г., а доля газа в потреблении первичной энергии увеличится до 15% к 2030 г.

ИМПОРТ ГАЗА И ЕГО СТРУКТУРА

До 2006 г. внутренние потребности Китая в газе полностью обеспечивались за счёт собственного производства. Однако для удовлетворения быстрорастущего внутреннего спроса страна с 2006 г. начала импортировать сжиженный природный газ (СПГ), с конца 2009 г. — трубопроводный. В 2022 г. объём импорта газа Китаем составил 147.8 млрд м³ (рис. 3), в том числе 85.7 млрд м³ (58.0%) составил импорт СПГ и 62.1 млрд м³ (52.0%) — трубопроводный газ. Внешняя зависимость от импорта продолжает расти, достигнув 40.8% в 2022 г. Начиная с 2017 г. импорт СПГ впервые превысил импорт трубопроводного газа,

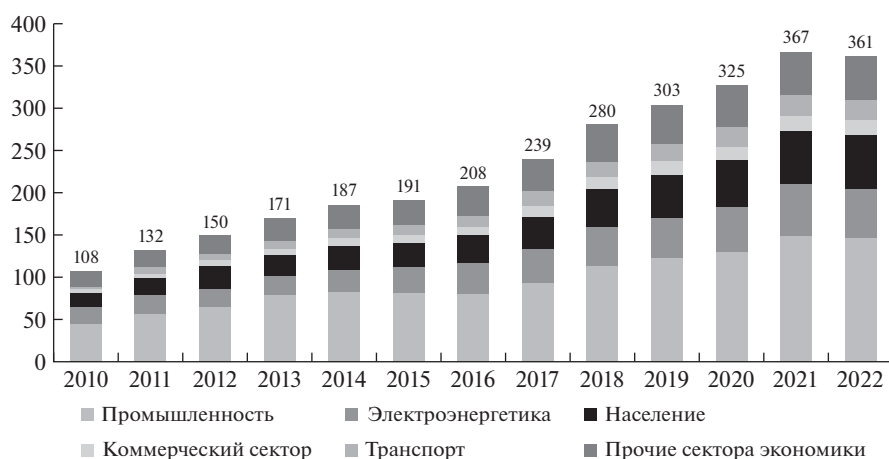


Рис. 2. Структура потребления газа в Китае, млрд м³

Источники: [1, 2, 7]

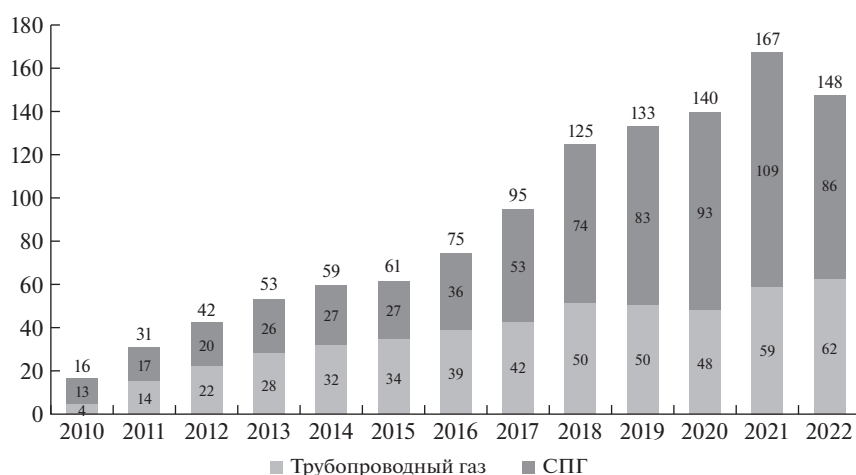


Рис. 3. Структура импорта газа Китаем, млрд м³

Источники: [1, 2, 7]

а страна стала вторым по величине импортёром не только природного газа, но и СПГ в мире.

С 2018 по 2022 г. Китай, обогнав Японию, превратился в крупнейшего в мире импортёра сжиженного газа. Однако следует уточнить, что в 2022 г., как отмечалось выше, в результате введения антиковидных ограничений и замедления экономической активности импорт СПГ Японией, достигший 73.1 млн т, превысил китайские показатели — 63.4 млн т.

Трубопроводный газ. Поставки трубопроводного газа в Китай осуществляются из Туркменистана, Узбекистана, Казахстана по сетевому газопроводу “Центральная Азия—Китай” и составили около 45.8 млрд м³ в 2022 г. С 2013 г. импорт также начал производиться из Мьянмы по газопроводу “Мьянма—Китай” пропускной способностью

13 млрд м³. Участниками строительства газопровода стали компании CNPC, MOGE, Daewoo International, KOGAS, Indian Oil и GAIL. В 2022 г. из Мьянмы в Китай было экспортировано 3.8 млрд м³, что на 9.5% ниже уровня 2021 г.

С декабря 2019 г. начались поставки природного газа из России по магистральному газопроводу “Сила Сибири”. В 2022 г., по данным Главного таможенного управления КНР, из нашей страны в КНР было поставлено 15.5 млрд м³, что на 49.1% выше уровня 2021 г. В 2022 г., по расчётам автора на основе данных Reuters и IHS Markit, средняя импортная цена на газ из России составила 258.1 долл. США за тыс. м³, что на 14.5% ниже стоимости туркменского газа (рис. 4). Преимущество российского газа в том, что, согласно долгосрочному контракту, цена на газ привязана к сто-

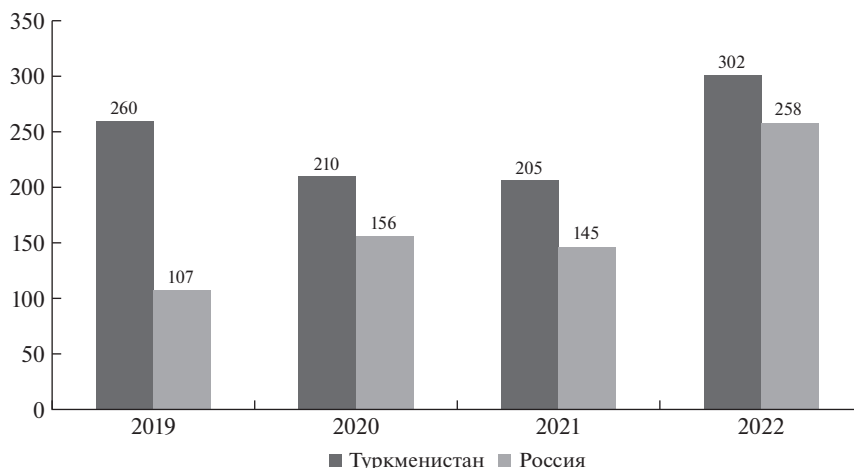


Рис. 4. Среднегодовая импортная цена на газ по различным направлениям, долл. США/тыс. м³

Источники: составлено по [1, 2, 7]

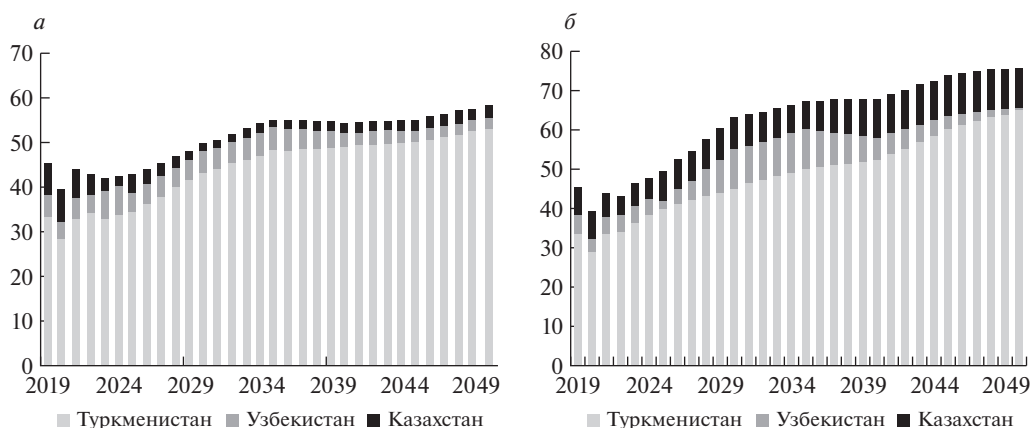


Рис. 5. Прогноз трубопроводных поставок газа по маршруту “Центральная Азия–Китай”, млрд м³; базовый (а) и оптимистичный (б) сценарии

Источник: составлено по [1, 2, 7]

имости корзины нефтепродуктов с девятимесячным лагом. В 2023 г. ПАО “Газпром” планирует поставить в КНР 22.4–23.5 млрд м³ газа.

Несмотря на достаточно привлекательные цены на российский газ, китайская сторона планирует завершить к концу 2026 г. строительство четвертой линии (Line D) газопровода “Центральная Азия–Китай” (в отличие от газопровода “Сила Сибири-2”, по которому переговоры находятся в начальной стадии) для доставки природного газа с месторождения Галкыныш (Туркменистан) до г. Кашгар (Китай) с пропускной способностью 30 млрд м³ в год (рис. 5 а, б). Интенсивная разработка этого месторождения может обеспечить увеличение добычи газа в Туркменистане с нынешних 87 млрд м³ до 151 млрд м³ к 2050 г.

С вводом в эксплуатацию восточного маршрута газопровода “Сила Сибири” и линии D (2026–

2028 гг.) газопровода “Центральная Азия–Китай” совокупная пропускная мощность трубопроводной системы Китая для импорта газа составит 195 млрд м³ в год (табл. 2).

Отметим, что ещё 8 мая 2015 г. “Газпром” и CNPC подписали соглашение об основных условиях поставок газа по маршруту, получившему тогда название “Сила Сибири-2”. При этом по техническим параметрам проект не отличался от газопровода “Алтай” образца 2006–2010 гг. Соглашение 2015 г. на сегодняшний день – последний официальный двусторонний документ “Газпрома” и CNPC, обозначающий их намерение подписать контракт на поставку газа по западному маршруту. При этом в июне 2016 г. CNPC официально заявила, что три ключевых параметра соглашения – объём, цена и сроки начала поставок газа – согласованы не были. Их обсуждение про-

Таблица 2. Структура текущего и перспективного потребления импортного трубопроводного газа на границе с КНР

Страна	Проект	Мощность, млрд м ³ в год	Статус на конец 2022 г.
Туркменистан Узбекистан Казахстан (маршрут Центральная Азия—Китай)	Линия А	30.0	Запущен в 2009 г.
	Линия В		Запущен в 2010 г.
	Линия С	25.0	Запущен в мае 2014 г.
	Линия D	30.0	Поставки планируются начать с 2026 г.
Мьянма	Мьянма—Китай	12.0	Запущен в 2013 г.
Россия	Сила Сибири-1 (восточный маршрут)	38.0	Запущен в 2019 г.
	Сила Сибири-2 (западный маршрут)	50.0	Планируется
	Дальневосточный маршрут	10.0	Договор на поставку га- за заключён в начале 2022 г., однако сроки пока неизвестны

Источники: составлено по: [1, 2, 7]

должилось в 2016–2018 гг. В сентябре 2018 г. “Газпром” заявил, что согласованы все параметры контракта на поставку газа, кроме цены.

Продвижение проекта “Сила Сибири-2” неоднократно приостанавливалось на протяжении 2018–2022 гг. в связи с противоречиями сторон в отношении цены, но, главное, из-за отсутствия интереса к данному маршруту с китайской стороны в силу удалённости начальной точки газопровода на территории Китая почти на 4 тыс. км от конечных потребителей. Это обстоятельство требует от CNPC строительства своими силами всей необходимой газотранспортной инфраструктуры на территории Китая.

Учитывая, что транспортные затраты китайской стороны при строительстве газопровода “Сила Сибири-2” составят приблизительно 270 долл. за 1 тыс. м³, при условии отсутствия скидок на цену российского газа перспективы строительства этого газопровода до 2030 г. остаются довольно призрачными. При увеличении внутренней добычи и текущих внутренних цен для китайской стороны этот проект окажется достаточно дорогим (в отличие от увеличения пропускной способности газопровода “Центральная Азия—Китай”). Если принять во внимание необходимость дальнейшего расширения магистральной трубопроводной инфраструктуры, стоимость проекта увеличивается ещё больше.

Отличительная черта “Силы Сибири-2” — отсутствие каких-либо технологических механизмов балансировки поставок (например, путём ис-

пользования подземных хранилищ газа), что также вызывает критические замечания российских экспертов. Учитывая неразвитость системы подземных хранилищ газа на территории Китая, пиковый отбор газа из трубопроводной системы будет, скорее всего, совпадать с зимним пиковым отбором из Единой системы газоснабжения России внутренними потребителями, что может привести к кратковременному дефициту предложения газа в Западной Сибири. Не совсем ясно, как “Газпром” в данном случае будет поддерживать устойчивый баланс на внутреннем газовом рынке на фоне своих экспортных обязательств.

Сжиженный природный газ. Имея в виду, что основной рост спроса на газ сконцентрирован в приморских районах Китая, более перспективным направлением увеличения поставок российского газа в КНР является СПГ. Напомним, что мощности СПГ-терминалов в Китае к 2050 г. составят около 340 млн т, что в три раза выше уровня 2020 г.

В 2022 г., в результате замедления экономической активности и промышленного производства, а также достаточно высоких цен на СПГ, импорт указанного ресурса Китаем снизился на 19.7% — до 63.4 млн т, или 85.7 млрд м³ (рис. 6). Основные поставки производились из 24 стран, однако более 90% импорта было обеспечено 7 государствами: Австралией — 21.9 млн т (34.4% всего импорта), Катаром — 15.7 млн т (24.7%), Малайзией — 7.4 млн т (11.6%), Россией — 6.5 млн т (10.3%), Индонезией — 3.7 млн т (5.9%), Папуа — Новой Гвинеей — 2.5 млн т, (4.0%) и США —

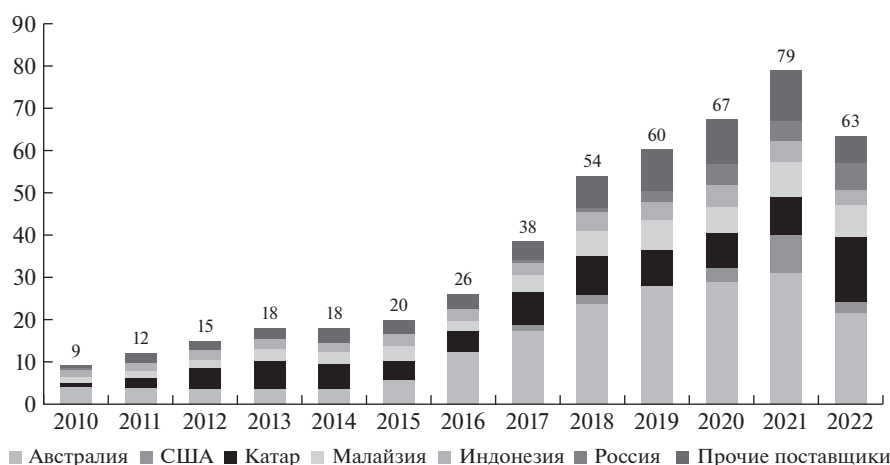


Рис. 6. Структура импорта СПГ Китаем, млн т
Источники: составлено по [1, 2, 7]

2.1 млн т (3.3%). Однако несмотря на физическое сокращение поставок СПГ в Китай, стоимостные объёмы импорта увеличились на 18.4%, до 52.19 млрд долл. При этом основной прирост пришёлся на закупку катарского и российского СПГ.

Перспективы импорта газа. Дополнительные объёмы импорта природного газа, которые понадобятся стране до 2025 г., уже в значительной степени законтрактованы как дополнительными трубопроводными поставками, так и поставками СПГ. Важно отметить, что либерализация внутреннего рынка природного газа, которая последовательно происходит в КНР, приводит к тому, что импорт СПГ становится более конкурентоспособным по сравнению с трубопроводным газом, поскольку СПГ-контракты обладают большей гибкостью, а также присутствует возможность спотовых поставок СПГ.

По оценке Energy Intelligence, в 2023 г. поставки СПГ в Китай вырастут до 67.2 млн т. Оценка Международного энергетического агентства более оптимистична — 68–75 млн т. Ввоз СПГ по уже действующим контрактам составит, по данным Bloomberg и Форума стран-экспортёров газа, не менее 93.7 млн т в год к 2028 г. Крупнейшим экспортёром СПГ в Китай останутся Австралия, на втором месте — Катар. В дальнейшем, возможно, вырастет импорт СПГ из США, Малайзии и России.

По данным Bloomberg со ссылкой на Rystad [9], к 2050 г. объём китайского импорта СПГ может увеличиться, как минимум, до 103.5 млн т, при этом пик ввоза придётся на 2033 г. — 138.9 млн т. Ожидается, что мощности регазификационных терминалов в КНР (их загрузка составит около 60–65%) будут расти теми же темпами, что и поставки. Учитывая объёмы текущего строительства и публично заявленные планы по строитель-

ству приёмных терминалов СПГ, уже к концу 2023 г. их совокупная мощность может превысить 110–120 млн т в год.

В условиях ожидаемого роста импорта СПГ Китай существенно диверсифицирует структуру поставок. Например, в начале ноября 2017 г. Sinopec, China Investment Corp. (CIC) и Bank of China подписали предварительное соглашение с властями Аляски и компанией Alaska Gasline Development Corp. (AGDC) о реализации на территории этого американского штата проектов по сжижению природного газа на 43 млрд долл., однако вплоть до настоящего времени этот проект не получил развития.

Американская Venture Global LNG и дочернее предприятие китайской CNOOC Gas & Power Group Co. в конце декабря 2021 г. подписали соглашение о купле-продаже СПГ сроком на 20 лет [10]. По условиям сделки американская компания будет поставлять 2 млн т СПГ в год со своего экспортного терминала в штате Луизиана. Кроме того, CNOOC Gas & Power Group Co. заключила контракт на более короткий срок на закупку 1.5 млн т СПГ у завода Calcasieu Pass компании Venture Global.

В ноябре 2022 г. и июне 2023 г. катарская компания Qatar Energy подписала соглашения с китайской государственной корпорацией Sinopec о дополнительных поставках СПГ объёмом 8 млн т в год сроком на 27 лет. Катар будет экспортировать газ с месторождения Северное (проект North Field East). Стоит отметить, что в 2022 г., несмотря на общее сокращение поставок СПГ в Китай, его экспорт из Катара вырос на 74.8%, до 15.7 млн т. Таким образом, с учётом упомянутого соглашения, импорт СПГ из ближневосточной страны к 2030 г. может превысить 22 млн т.

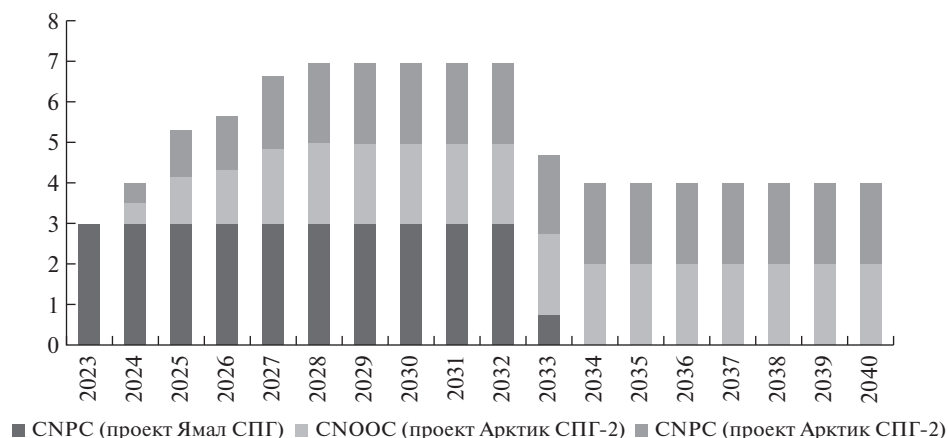


Рис. 7. Законтрактованные поставки СПГ с российских проектов, млн т

Источник: [1, 2, 7]

Китай проявляет активный интерес и к российским СПГ-проектам. CNPC и Китайский фонд шёлкового пути участвуют в проекте ПАО «Новатэк» «Ямал СПГ» с долями 20% и 9.9% соответственно. ОАО «Ямал СПГ» реализует проект строительства завода по производству сжиженного природного газа на ресурсной базе Южно-Тамбейского месторождения. Мощность — 17.4 млн т в год, включая три технологические линии мощностью 5.5 млн т в год каждая и одну мощностью 900 тыс. т в год. Первая линия запущена в декабре 2017 г., вторая и третья — в июле и ноябре 2018 г. соответственно.

Другим проектом ПАО «Новатэк», в реализации которого планируют принять участие китайские компании, является проект «Арктик СПГ-2». Он реализуется на базе месторождения «Утреннее» на полуострове Гыдан, предусматривает строительство трёх линий сжижения общей мощностью 19.8 млн т в год. В конце апреля 2019 г. ПАО «Новатэк» сообщило о том, что в проект вошли две компании из КНР — Китайская национальная компания по разведке и разработке нефти и газа (CNODC) и дочерняя структура CNPC — Китайская национальная шельфовая нефтяная корпорация (CNOOC). В соответствии с обязывающими соглашениями, которые ПАО «Новатэк» подписало с CNODC и CNOOC в ходе международного форума «Один пояс, один путь» в 2018 г., каждая из китайских компаний получила в проекте «Арктик СПГ-2» по 10%.

К 2030 г. благодаря проекту «Арктик СПГ-2» в Китай будет поставляться до 4.0 млн т СПГ (законтрактованные резервы) (рис. 7). Напомним, другой проект, «Ямал СПГ», обеспечит экспорт 3.0 млн т. Три контракта заключены на условиях DES, то есть доставлять груз на китайские регазификационные терминалы будет российская компания собственными танкерами.

В качестве фактора риска для роста импорта СПГ можно выделить развитие собственной добычи газа в КНР, что чревато снижением потребности в импортном газе. По оценкам Форума стран-экспортёров газа и Международного энергетического агентства, развитие собственной добычи опережающими (по сравнению с потреблением) темпами делает вероятным прохождение пика импорта газа в Китае в период после 2033—2040 гг. Этот риск необходимо учитывать при подготовке новых крупных российских СПГ-проектов.

СОСТОЯНИЕ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Китай нацелен на формирование независимых операторов газотранспортной инфраструктуры и обеспечение доступа к ней третьих сторон, в то же время продолжая политику, направленную на усиление государственного надзора за тарифами на транспортировку природного газа по трубопроводам. В феврале 2014 г. Государственное управление по делам энергетики КНР выпустило «Положение о справедливом и открытом надзоре за объектами сети нефтегазопроводов (пробный запуск)». Предприятия, эксплуатирующие объекты нефтегазопроводной сети, в случае наличия у них избыточных мощностей должны быть открыты для доступа третьих сторон.

В марте 2014 г. Государственный комитет по делам развития и реформ выпустил документ, поощряющий участие всех видов капитала в инвестициях в строительство инфраструктуры природного газа и требующий независимого учёта её функционирования, а также справедливого доступа к ней третьей стороны. В сентябре 2016 г. Государственное управление по делам энергетики КНР выпустило отчёт о раскрытии информа-

ции, касающейся доступности (наличия свободных мощностей) объектов сети нефтегазопроводов, а в октябре того же года Государственный комитет по делам развития и реформ выпустил циркуляр о чётком определении ценовой политики для объектов хранения газа. В июне 2017 г. в “Руководящих мнениях по усилению надзора за регулированием цен на газ” допускалась доходность на уровне не более 7%, а в августе вышло “Уведомление об утверждении цен на транспортировку газа по транспровинциальным газопроводам”.

В конце 2018 г. появились сообщения о подготовке к масштабной реформе газовой отрасли, включая создание новых операторов по транспортировке газа, что может привести к значительному улучшению ситуации с трубопроводной инфраструктурой и решить часть проблем с доступом частных компаний к свободным трубопроводным мощностям.

Другая комплексная проблема — механизм предоставления газа конечным потребителям. Недавняя реформа ценообразования, с одной стороны, несколько улучшила ситуацию в отрасли, с другой, стоимость газа для промышленных потребителей выросла. Стоимость газа для населения регулируется местными органами самоуправления и де-факто субсидируется [11], причём различными способами, вплоть до перенесения части его стоимости на стоимость газа для промышленных предприятий. Таким образом, в рамках дальнейших реформ сохраняется значительная доля неопределённости относительно динамики спроса, поскольку он в значительной степени зависит от субсидий. При этом уровень цен на газ в Китае, даже с учётом субсидий, остаётся достаточно высоким, что негативно сказывается на динамике спроса.

Тем не менее в случае, если начатое движение в сторону дерегулирования рыночных цен продолжится, проблемы с инфраструктурой будут решены, а спрос на газ будет расти, то в Китае возможно создание полноценного газового хаба, аналогичного американскому Henry Hub или европейскому TTF. В случае появления такого хаба цены на газ станут более гибкими, что будет способствовать повышению его привлекательности как энергоносителя и ускорит переход к чистой энергетике. Дополнительное преимущество, сопутствующее созданию хаба, — возможное появление системы сопоставимости региональных газовых цен, что позволит частично отказаться от американских котировок в формулах контрактов и повысит устойчивость азиатского рынка к колебаниям цен на мировом или американском рынке. К примеру, в результате скачков цен на Henry Hub зимой 2017–2018 гг. произошло соразмерное увеличение цен на СПГ в Северо-Восточной Азии.

ПРОГНОЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗА КИТАЕМ

Стоимость газа на внутреннем рынке Китая достаточно высока. Сказывается неразвитость этого рынка, а также распространённая на газовом рынке Азиатско-Тихоокеанского региона привязка цен газовых поставок к нефти, что ставит китайских потребителей газа в зависимость от мирового нефтяного рынка.

Несмотря на повышение жизненного уровня в Китае, население в большинстве случаев пока не готово переходить на более дорогое топливо. Широкое распространение дешёвого угля, который продаётся мелким оптом и используется для отопления жилых домов, препятствует распространению газового отопления, даже с учётом субсидий. Однако при росте покупательной способности населения и газификации регионов можно будет уменьшить потребление угля на 60 млн т н.э. в год, то есть примерно на 3% от суммарного потребления угля Китаем.

Исследование, проведённое в 2015 г. учёными Массачусетского технологического университета [12], показывает, что при высоких ценах на газ переключение на него потребует значительных мер в виде повышенного налогообложения угольной генерации, поскольку текущих мер по торговле выбросами CO₂ недостаточно. Можно предположить, что Китай будет вытеснять уголь из энергобаланса путём увеличения мощностей возобновляемых источников энергии для нужд электрогенерации и замены угля на газ для нужд жилищно-коммунального хозяйства.

Потребление газа в КНР во многом зависит от государственной поддержки. К 2025 г. ожидается завершение большей части действующих в КНР программ субсидирования поэтапного перехода электрогенерации с угля на природный газ. Таким образом, перспективы газовой отрасли остаются в значительной степени неопределёнными. При сохранении достаточно высоких цен на импортируемый газ сохраняется вероятность того, что после 2025 г. спрос на газ в КНР будет расти медленнее, чем ожидалось ранее.

Для КНР характерна существенная разница между регионами по уровню потребления газа. Так, более богатые прибрежные районы имеют более высокую долю газа в энергобалансе. В перспективе дифференциация будет возрастать, ключевыми в росте спроса на природный газ останутся центральные и восточные регионы страны.

Вместе с тем кризис зимы 2017–2018 гг. показал уязвимость газовых электростанций к резким сезонным увеличениям спроса на газ. В таких случаях жилищно-коммунальному хозяйству отдаётся приоритет, что приводит к простоям газовых электростанций из-за нехватки топлива для ТЭЦ. В этой связи газ более востребован промышленностью (в том числе для нужд ЖКХ) и

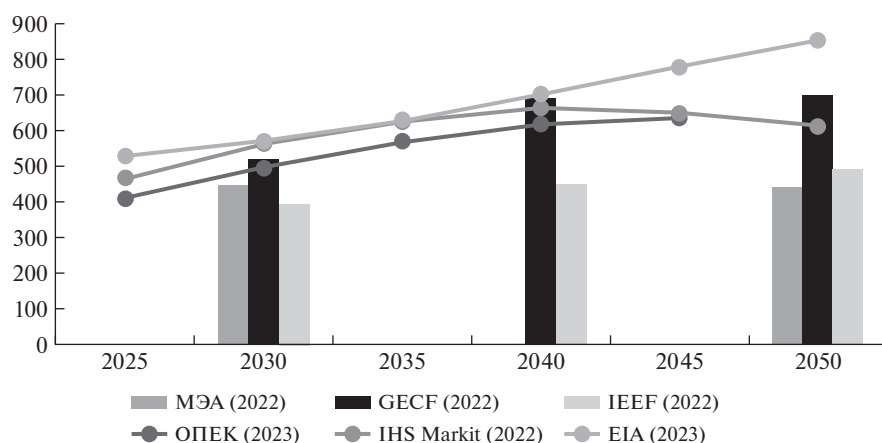


Рис. 8. Прогноз потребления газа в Китае, млрд м³
Источники: [13–18]

при снабжении населённых пунктов бытовым газом, нежели в электроэнергетике, где приоритетными направлениями остаются ВИЭ и атомные станции. Недостаток мощностей подземных хранилищ газа (в отличие от нефтяного резерва) для покрытия пикового спроса сдерживает рост потребления газа в электроэнергетике и теплоснабжении КНР.

Несмотря на оптимистичные оценки многих агентств (рис. 8), природный газ в КНР — один из самых дорогих энергоносителей, и значительный рост спроса на него возможен только в условиях снижения цен. CNPC прогнозирует величину спроса к 2040 г. на уровне 650 млрд м³ в год (к 2060 г. — 410 млрд м³), однако при этом указывает, что потребление газа может оказаться ниже указанной величины, и пока нет никаких перспектив для более оптимистичных оценок будущего спроса на газ. Достижение уровня потребления более 600 млрд м³ в год к 2035 г., как например в прогнозе IHS Markit, возможно только в случае активного роста добычи сланцевого газа в КНР и снижения цен на энергоносители на внутреннем рынке.

В ситуации падения цен спрос на газ в южных приморских провинциях может дополнительно увеличиться благодаря развитию систем теплоснабжения в южных и юго-восточных провинциях Китая, где центральное теплоснабжение традиционно отсутствует, но где в связи с ростом благосостояния населения есть на него запрос. Крайне ограничены перспективы газа на рынке газомоторного топлива из-за высокой цены и жёсткой конкуренции с нефтепродуктами и электромобилями.

Вопрос уровня цен — ключевой для китайского газового рынка. Правительство КНР хорошо осознаёт этот факт и проводит планомерные рефор-

мы газовой отрасли. В первую очередь необходимо отметить начатую в 2015 г. ценовую реформу, благодаря которой удалось существенно снизить убыточность энергетических компаний, занятых транспортировкой газа. Это было достигнуто за счёт повышения цен на газ для промышленных потребителей и сохранения субсидий для бытового газа. В начале 2019 г. правительство начало демонаполизацию услуг по трубопроводной транспортировке газа, введя правило обязательного доступа третьих сторон к магистральной трубопроводной инфраструктуре. В ближайшей перспективе ожидается выделение газотранспортных активов, принадлежащих в настоящее время китайским государственным нефтегазовым компаниям, в отдельные государственные и частные компании — газотранспортные операторы (по аналогии с реформированием Европейского газового рынка в рамках Третьего энергетического пакета).

Китай нацелен на развитие собственного ликвидного газового хаба (вероятнее всего, на базе существующей торговой площадки в Шанхае) и соответствующего ценового индикатора, номинированного в юанях для укрепления своего влияния на мировом рынке энергоносителей.

На китайский рынок действует ряд факторов, которые способствуют сохранению высоких цен. К 2025 г. Китай не сможет достичь официально запланированного уровня добычи сланцевого газа — 40 млрд м³ в год. Его добыча составит, по оценке Международного энергетического агентства, около 35.5 млрд м³ в год (против 11 млрд м³ в 2018 г.).

Отсутствие реальных возможностей снижения цен на газ негативно скажется на объёме спроса на него. В этом случае возникает возможность увеличения присутствия России на рынке СПГ южных приморских провинций Китая. Так как

Таблица 3. Заявленные СПГ-проекты в России до 2030 г. и их статус

Проект	Мощность, млн т	Год запуска	Оператор	Статус
Сахалин-2	9.6	2009	Сахалинская энергия	Действующий
Ямал СПГ (три линии)	16.5	2017	Новатэк	Действующий
Криогаз–Высоцк	0.7	2019	Новатэк	Действующий
Ямал СПГ (четвёртая линия)	0.9	2021	Новатэк	Действующий
Портовая СПГ	1.5	2022	Газпром	Действующий
Арктик СПГ	19.8	2023/2025	Новатэк	На стадии строительства
Балтийский СПГ	13.0	2023/2024	Газпром	На стадии строительства
Сахалин-2	5.4	2024	Сахалинская энергия	Ведутся проектные работы
Всего	67.4			

Источник: [19]

рынок газа северо-восточных провинций КНР перенасыщен, Китай не заинтересован в обозримой перспективе в дополнительных поставках туда российского трубопроводного газа свыше за- контрактованных 48 млрд м³ в год. Это в опреде- лённой степени объясняет, почему проект газопровода “Сила Сибири-2” не вызывает боль- шого интереса с китайской стороны. Высокая стоимость транспортировки российского газа от границы РФ до юго-восточных провинций Китая и необходимость вложений в расширение инфра- структуры на территории КНР делают трубопро- вод высокорискованным в кратко- и среднесроч- ной перспективе, поскольку необходимые капи- тальные затраты с обеих сторон могут не окупиться в результате замедления спроса на газ в Китае.

* * *

Подводя итоги, можно отметить, что с учётом перспектив развития топливно-энергетического комплекса КНР и особенностей трубопроводной инфраструктуры, поставки газа из России целе- сообразнее осуществлять в виде СПГ. Такой вид поставок обладает рядом преимуществ. В их числе:

- минимизация затрат на строительство тру- бопроводов на территории России;
- отсутствие необходимости в строительстве трубопроводов с китайской стороны. Одним из сдерживающих факторов при строительстве тру- бопровода “Сила Сибири-2” оказывается высо- кая стоимость транспортировки газа по террито- рии КНР. В случае СПГ необходимость транс- портировки существенно ниже, поскольку спрос сконцентрирован на относительно небольшом

удалении от портов, оборудованных регазифика- ционными терминалами;

- дополнительная загрузка мощностей судо- строительного кластера “Звезда” и создание соб- ственного флота СПГ-танкеров для реализации имеющегося потенциала запасов Дальнего Во- стока. Учитывая возможность снятия ограниче- ния экспорта природного газа, перевод поставок газа на СПГ позволяет диверсифицировать на- правления поставок и при неблагоприятной це- новой конъюнктуре перенаправлять грузы в дру- гие страны АТР.

В то же время, в условиях санкционных запре- тов на поставки СПГ оборудования² большин- ство заявленных проектов потеряли свою акту- альность. В марте 2023 г. вице-премьер А.В. Но- вак заявил о необходимости дополнительно изыскать ресурсную базу для проектов ещё на 34 млн т СПГ в год, чтобы выйти на планируемые в программе “Долгосрочного развития производ- ства СПГ”, утверждённой в 2021 г., более 100 млн т (табл. 3). Ресурсную базу в 66 млн т обеспечат дей- ствующие заводы и строящиеся в Усть-Луге и по проекту “Арктик СПГ-2” на полуострове Гыдан в Ямало-Ненецком автономном округе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Annual Gas Market Report 2023: GECF. 2023. https://www.gecf.org/_resources/files/events/gecf-

² На март 2023 г. единственная отечественная технология сжижения природного газа представлена “Арктическим каскадом”, предложенным ПАО “Новатэк” (мощность до 1 млн т). В этой связи вопрос импортозамещения оборудо- вания для СПГ крайне актуален. В августе 2022 г. была опубликована обновлённая версия паспорта проекта “Прорыв на рынки СПГ”, согласно которой общая стои- мость программы до 2030 г. составит 89.3 млрд руб.

- unveils-4th-annual-gas-market-report/gecf-agmr-2023.pdf (дата обращения 13.07.2023).
2. JODI (n.d.). Online Database. Retrieved from JODI. <http://www.jodidb.org/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=38673> (дата обращения 13.07.2023).
 3. IEA (2022), Coal Market Report, <https://www.iea.org/reports/coal-2022> (дата обращения 13.07.2023).
 4. ОПЕК (2023). Annual Statistical Bulletin 2023 (ASB). <https://asb.оpec.org/> (дата обращения 13.07.2023).
 5. Kondratov D.I. The Global Gas Market: Modern Trends and Development Prospects // Herald of the RAS. 2022. № 2. P. 188–198; Кондратов Д. Мировой рынок газа: современные тенденции и перспективы развития // Вестник РАН. 2022. № 4. С. 360–371. <https://doi.org/10.31857/S0869587322030045>
 6. Statistical Review of World Energy: Energy Institute. June 2023. <https://www.energyinst.org/statistical-review> (Дата обращения: 13.07.2023).
 7. China Natural Gas Data Tables, January 2022. <https://connect.ihsmarkit.com/document/show/phoenix/392129?connectPath=Search&searchSessionId=ad171e3c-8f3a-484d-b1ab-ee24a5bdefd7> (дата обращения 12.02.2022).
 8. Miller S., Michalak A., Detmers R. et al. China's Coal Mine Methane Regulations have not Curbed Growing Emissions // Nature Communications. 2019. V. 10: 303. P. 1–8. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30696820/> (дата обращения 03.11.2022). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07891-7>
 9. China Is Buying Gas Like There's Still an Energy Crisis // Bloomberg News. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-07-02/china-is-buying-natural-gas-like-there-s-still-an-energy-> (дата обращения 07.09.2023).
 10. Зуев А. Китай — локомотив рынка СПГ // ТЭК России. 2023. № 1. С. 20–23.
 11. Zhang D., Paltsev S. The Future of Natural Gas in China: Effects of Pricing Reform and Climate Policy // Climate Change Economics. 2016. V. 7. №. 4. P. 1–32. (дата обращения 03.11.2022).
 12. Paltsev S., Zhang D. Natural Gas Pricing Reform in China: Getting Closer to a Market System? // Energy Policy. 2015. V. 86. P. 43–56. https://global-change.mit.edu/sites/default/files/MITJPSPG-C_Rpt282.pdf
 13. EIA (2021), International Energy Outlook 2021. October 2021. <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/> (дата обращения 12.10.2023).
 14. Ermakov A. The Future of Natural Gas in Asia Pacific: Large Potential for Demand Growth // GECF. March 2023. https://www.gecf.org/_resources/files/events/expert-commentary-the-future-of-natural-gas-in-asia-pacific/gecf-commentary-the-future-of-natural-gas-in-asia-pacific.pdf (дата обращения 13.07.2023).
 15. IEEJ (2022), IEEJ Outlook 2023. Challenges for Achieving Both Energy Security and Carbon Neutrality. October 2022. <https://enen.iej.or.jp/en/whats-new/442.html> (дата обращения 03.11.2022).
 16. IEA (2022), World Energy Outlook 2022, <https://doi.org/> (дата обращения 03.11.2022). <https://doi.org/10.1787/3a469970-en>
 17. ОПЕК (2023). World Oil Outlook 2045 (WOO). <https://woo.оpec.org/> (дата обращения 10.10.2023).
 18. The 2022 IHS Markit Energy and Climate Scenarios: Global gas summary // Strategy Report. Energy and Climate Scenarios. December 2022. <https://connect.ihsmarkit.com/document/show/phoenix/3274463?connectPath=EnergyClimateScenario-sLandingPage.Home.FeaturedResearch> (дата обращения 29.12.2022).
 19. Annual Statistical Bulletin 2022: GECF. 2022. https://www.gecf.org/_resources/files/events/6th-edition-of-annual-statistical-bulletin-makes-its-debut/gecf-asb-2022.pdf (дата обращения 13.07.2023).

CHINA'S NATURAL GAS MARKET AND RUSSIAN EXPORT OUTLOOK

D. I. Kondratov^{1, #}

¹*Institute of Economics RAS, Moscow, Russia*

[#]*E-mail: dmikondratov@yandex.ru*

The article analyzes the state of the Chinese gas market and factors in the long-term dynamics of gas demand in China. The author has attempted to assess the expansion of Russia's presence in the Chinese gas market and provide intermediate recommendations on using the potential for developing energy cooperation between China and Russia. It must be taken into account that the northeastern provinces of China, located near the border with our country, will be supplied with Russian gas thanks to the Power of Siberia gas pipeline. However, the insufficient development of the relevant infrastructure in China — pipeline capacities, gas storage facilities, distribution networks — will not allow Russia to significantly increase exports through this gas pipeline. These limiting factors apply to an even greater extent to the Power of Siberia-2 gas pipeline project. According to the author, the most promising way to increase Russian gas exports to China may be to organize supplies of Russian liquefied natural gas to the coastal regions of China, where a steady increase in gas demand is predicted.

Keywords: China, gas, Russian-Chinese energy cooperation, China's energy sector.

КОРЕННЫЕ ШТАММЫ БИФИДОБАКТЕРИЙ КИШЕЧНИКА ЧЕЛОВЕКА: ИНДИГЕННОСТЬ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ПЕРСИСТЕНЦИИ

© 2023 г. О. В. Бухарин^{а,*}, Е. В. Иванова^{а,**}, Н. Б. Перунова^{а,***}

^аИнститут клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН, Оренбург, Россия

*E-mail: ofrc@list.ru

**E-mail: walerewna13@gmail.com

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

Поступила в редакцию 18.08.2023 г.

После доработки 28.08.2023 г.

Принята к публикации 06.09.2023 г.

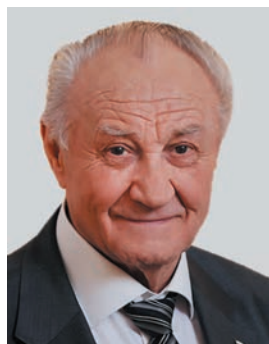
Индигенная микробиота человека — это природная кладовая штаммов бифидобактерий, залог нашего здоровья. Для определения индигенности симбиотных микроорганизмов предлагается оценивать их адаптивный потенциал (лизоцимрезистентность и биоплёнкообразование), поскольку адаптация свойственна всем живым системам, а в организме человека основной стратегией адаптации бактерий служит персистенция. Одним из механизмов персистенции индигенной бифидофлоры выступает устойчивость к действию лизоцима хозяина, реализуемая через модификацию пептидогликана — О-ацетилирование (широкий набор детерминант О-цетилата и семейство σ-факторов). Важная функция индигенных бифидобактерий в работе пищеварительного тракта человека — их способность участвовать в микробном распознавании “свой—чужой”. Полученные результаты позволили открыть доступ к источнику полезных индигенных микроорганизмов и использовать их при отборе культур для создания современных биопрепаратов.

Ключевые слова: индигенность, персистенция, адаптация, бифидобактерии, лизоцимрезистентность, микробное распознавание “свой—чужой”.

DOI: 10.31857/S0869587323110026, **EDN:** CMMRZI

В представленном обзоре рассматривается индигенность кишечных штаммов бифидобактерий человека. Стоит напомнить, что ещё И.И. Мечников говорил об их способности защищать наш организм. Однако вопрос об индигенности микроорганизмов, их адаптивном потенциале и экологической функции не поднимался. В предыдущей работе [1], посвящённой особенностям персистенции бифидобактерий, мы обратили внима-

ние на тот факт, что индигенность и персистенция тесно связаны: *индигенные микроорганизмы* — штаммы, которые длительно (десятилетиями) пребывают в кишечнике, *персистируют* и играют важную роль в работе пищеварительного тракта, а *индигенность* — свойство быть коренным, то есть природным, местным [2]. Кроме того, наша индигенная микробиота — это природная кладовая полезных штаммов, которые постоянно присут-



БУХАРИН Олег Валерьевич — академик РАН, научный руководитель ИКВС УрО РАН. ИВАНОВА Елена Валерьевна — доктор медицинских наук, заведующая лабораторией инфекционной симбиологии ИКВС УрО РАН. ПЕРУНОВА Наталья Борисовна — доктор медицинских наук, заместитель директора по научной работе ИКВС УрО РАН.

ствуют в кишечнике и создают своеобразный защитный барьер, залог нашего здоровья. К индигенным можно отнести бифидобактерии, поскольку именно они обеспечивают устойчивость тканей и органов к заселению патогенными возбудителями, обладают огромным метаболическим и иммунорегуляторным потенциалом, что позволяет по праву считать их “своими” микроорганизмами [3].

Для определения признаков индигенности кишечных штаммов бифидобактерий представляет интерес большое количество неизученных в плане персистенции аспектов. *Персистенция* – уникальное природное явление, пролонгирующее сохранение (адаптацию) и выживание микробных клеток в организме [4]. В лаборатории инфекционной симбиологии Института клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН (ИКВС УрО РАН) накоплены фактические материалы, свидетельствующие, что некоторые виды бифидобактерий стабильно обосновались в толстом кишечнике, участвуя в поддержании гомеостаза хозяина.

В своей работе мы остановились на следующих этапах изучения индигенности: оценка совокупности знаний об экологии бифидобактерий как первых колонизаторов кишечника человека; разбор основ индигенности через персистенцию (с синхронизацией этих двух явлений); определение важных функций бифидофлоры в организме.

Бифидобактерии – первые колонизаторы кишечника человека. Среди кишечных микроорганизмов особый интерес представляют бифидобактерии как ключевая модель для изучения взаимодействий “хозяин–микроб” в кишечнике млекопитающих. Современные достижения в исследованиях прокариот показывают, что культуры бифидобактерий *эволюционировали совместно* со своими хозяевами и многие физиологические характеристики могут быть обусловлены местом их обитания [5, 6]. Примечательно, что в природе они встречаются в различных экологических нишах, которые прямо или косвенно связаны с желудочно-кишечным трактом животных. Они широко распространены в кишечнике социальных животных (млекопитающих, птиц и насекомых), чьё потомство зависит от родительской заботы [7]. Возможно, их экологическое происхождение связано с наследованием материнских бифидобактериальных клеток, которые одними из первых заселили кишечник млекопитающих, включая человека.

Почему выбор эволюции пал на эти микроорганизмы? Чем же они лучше других? Почему именно они сформировали индигенную микробиоту и оказывают нам постоянную помощь? Прямого ответа на эти вопросы пока нет, но можно допустить, что их генетический паспорт в наи-

большей степени удовлетворяет нашу “цензорную службу”, не вызывая у неё особого протеста.

Известно, что образование изолированных лимфоидных фолликулов специализированных кишечных структур, составленных из дендритных клеток и агрегатов В-клеток, зависит от микробиоты [3]. Если учесть, что популяциям кишечных иммунных клеток для развития и функционирования требуется микробиота с её бифидобактериями, становится понятен её огромный вклад в формирование иммунной системы, которая и обеспечивает эти микроорганизмы “местами проживания”. Следовательно, механизмы хозяина и индигенной микробиоты вовлечены в тесное сотрудничество для *синергидного существования* в целях сохранения симбиоза. В пользу этого свидетельствует и тот факт, что в условиях истощения микробиоты (включая бифидобактерий) уменьшаются интестинальные иммунные ответы, которые контролируют кишечные инфекции, вызванные *Citrobacter spp.* и *Campilobacter spp.* [3], наблюдается развитие некротизирующего энтероколита, аллергии, астмы, атопического дерматита, сахарного диабета 1-го типа и ожирения [8]. Но тогда возникает вопрос о взаимодействиях микробиоты и иммунитета.

Известно, что в первые 1000 дней жизни человека одновременно протекают процессы созревания иммунной системы и кишечной микробиоты, в которой у здоровых детей, находящихся на грудном вскармливании, обычно преобладают бифидобактерии младенческого типа, включая *Bifidobacterium longum subsp. infantis*, *B. bifidum*, *B. breve* и *B. longum subsp. longum*. Это оказывает долгосрочное воздействие на здоровье, так как способствует стимуляции противовоспалительного генофонда человека [9]. Для колонизации кишечника бифидобактерии младенческого типа развили ряд сложных генетических путей осуществления метаболизма олигосахаридов грудного молока. Гликолитическая активность приводит к образованию анаэробной и кислой среды кишечника, которая ускоряет формирование иммунитета, изменяет микроокружение и влияет на развитие многих органов (например, печени и головного мозга) [10]. В кишечнике может установиться бактериальное сотрудничество *Bifidobacterium spp.* с *Bacteroides spp.* и/или *Lactobacillus spp.* для ферментации олигосахаридов и поддержания иммунного баланса кишечника новорождённых, что способствует увеличению бифидобактериального разнообразия и формированию микроокружения [11]. В целом это свидетельствует о том, что виды *Bifidobacterium spp.* обладают необходимым набором генов для деградации олигосахаридов, то есть *генетически адаптированы* к кишечнику младенцев и эффективно метаболизируют олигосахариды грудного молока, а их

присутствие обуславливает здоровье человека в течение долгого времени.

Как же штаммы попадают в организм новорождённого? Показано, что до рождения ребёнка материнский микробиом дистанционно, через бактериальные метаболиты (короткоцепочечные жирные кислоты) стимулирует развитие у плода дендритных клеток и регуляторных Т-лимфоцитов (Tregs). Кроме того, у ребёнка исходные антигены (иммуноглобулины класса А) благодаря трансплацентарному кровообращению появляются во время беременности и играют жизненно важную роль в защите от инфекций. После рождения первая передача микроорганизмов ребёнку происходит при контакте с вагинальной и фекальной микрофлорой матери, через её кожу и грудное молоко [9]. Таким образом, ещё в пренатальный период материнский микробиом обеспечивает “дистанционное обучение” (импринтинг) иммунной системы ребёнка и создаёт условия, необходимые для заселения его кишечника индигенными бифидобактериями.

Феномен иммунного импринтинга установлен и в период раннего возраста ребёнка (особенно в течение первых трёх месяцев жизни), который опосредован культурами бифидобактерий [10]. Показано, что у новорождённых низкая численность кишечных бифидобактерий и/или отсутствие у штаммов генов утилизации олигосахаридов грудного молока связаны с системным и кишечным воспалением. Введение штамма *B. infantis* EVC001, изолированного от здоровых детей, который экспрессирует все известные гены ферментации олигосахаридов, сопровождалось индукцией интерферона β (IFN β), подавлением воспалительных реакций кишечных Th2- и Th17-лимфоцитов и оказывало Th1-поляризующее действие на наивные¹ CD4+T-клетки, а также стимулировало продукцию IL-10 и IL-27, связанных с регуляторными Т-клетками. Таким образом, бифидобактерии, которые экспрессируют гены утилизации олигосахаридов грудного молока, посредством индукции толерантности способствуют формированию здорового иммунно-микробного интерфейса в кишечнике детей раннего возраста. Неслучайно в современной литературе детерминанты утилизации углеводов относят к пробиотическим генам, значимым при отборе перспективных культур кишечных бифидобактерий [12].

С возрастом количество бифидобактерий уменьшается, и у пожилых людей их относительная численность составляет не более 2–14%. В ос-

новном это виды бактерий взрослого типа, включая *B. adolescentis*, *B. catenulatum* и *B. pseudocatenulatum*. Присутствие представителей этого рода в составе микробиоты положительно коррелирует с состоянием здоровья хозяина и, напротив, дефицит бифидофлоры повышает риск развития иммуноопосредованных заболеваний в более позднем возрасте [13]. Однако причины обитания бифидобактерий как индигенных микроорганизмов в кишечнике человека на протяжении всей жизни, их адаптация и выживание в условиях желудочно-кишечного тракта остаются малоизученными.

Персистенция и адаптивный потенциал индигенных бифидобактерий кишечника человека. Очевидно, что при изучении индигенности микроорганизмов следует рассматривать их персистенцию и персистентные характеристики, поскольку бактерии, длительно сосуществуя с организмом хозяина, устанавливают с ним симбиотические взаимоотношения. Персистенция представляет собой форму симбиоза, способствующую длительному выживанию микроорганизмов в теле хозяина, то есть основную *стратегию выживания вида* [14].

Наиболее широко распространена бактериальная персистенция, которая проявляется в образовании в микробной культуре клеток-персистеров — фенотипических вариантов изогенной популяции. Это один из механизмов формирования резистентности бактерий к антимикробным препаратам [15, 16]. Однако, как было показано, проблема пролиферативного покоя микробных клеток вызывает особый интерес и с точки зрения экологии микробов и человека, так как именно в этом состоянии микроорганизмы находятся в природных биоценозах и автохтонных сообществах микрофлоры человека, животных и растений. Экологическая функция покоящихся клеток — минимализация затрат энергии на поддержание метаболической активности и высокая адаптивность к окружению [17].

Работы, на протяжении последних десятилетий проводившиеся в ИКВС УрО РАН, позволили определить природу и механизмы факторов персистенции бактерий [4]. Как прокариоты, так и хозяин обладают удивительной пластичностью, служащей основой их сложных взаимоотношений в процессе параллельной эволюции. Примером может служить *бактерионосительство патогенных микроорганизмов* (стафилококков, сальмонелл, шигелл и др.) — эволюционно прогрессивная форма симбиоза, направленная на взаимоадаптацию контактирующих систем. Благодаря экспериментальным и клиническим наблюдениям получены новые данные об адаптивных возможностях патогена во внутренней среде хозяина, реализуемых через персистентный потенциал. Однако сохранение патогена в организме сопровождается инактивацией естественных механизмов защиты хозяина и формированием его имму-

¹ Наивные Т-клетки (от англ. “naive T cells”) — Т-лимфоциты, успешно прошедшие позитивную и негативную селекцию в тимусе, попавшие на периферию организма, но не имевшие контакта с антигеном. Их основная функция — реакция на патогены, прежде не известные иммунной системе организма. После того как наивные Т-клетки распознают антиген, они становятся активированными.

нокомпрометированного статуса. Всё это способствовало отнесению факторов персистенции *к малым факторам патогенности*, что нашло реальное воплощение в разработке и создании диагностических, прогностических и терапевтических технологий в инфекционной клинике [4].

Изучение экологической значимости персистентных характеристик бактерий показало, что *микробная персистенция* — универсальное, широко распространённое явление как среди патогенов, так и среди представителей индигенной микробиоты различных биотопов хозяина (бифидобактерии, лактобактерии и т.д.) [18]. Возможно, во внутренней среде происходит селекция штаммов по их персистентным характеристикам. Однако патогены, кратковременно пролонгируя своё пребывание в организме, способны элиминировать из биотопа и утрачивать эти признаки во внешней среде, а другие — индигенные штаммы — через процессы метаболической и генетической адаптации эволюционно закрепляются в определённой эконше хозяина.

Использование обширной коллекции штаммов бифидобактерий позволило нам приблизиться к пониманию индигенности микроорганизмов с учётом особенности их персистенции [1]. В лаборатории инфекционной симбиологии ИКВС УрО РАН накоплены уникальные данные, доказывающие, что некоторые виды бифидобактерий надёжно обосновались в толстом кишечнике и играют большую роль в поддержании гомеостаза хозяина. Было предложено рассматривать феномен персистенции индигенных бактерий как частный случай сформированного в процессе эволюции *адаптивного потенциала* прокариот в организме человека, не имеющего патогенетической основы и направленного исключительно на защиту микробной клетки от протективных факторов. Наличие секретлируемых начал у штаммов может обеспечивать селективное преимущество индигенной популяции бифидобактерий в толстом кишечнике, а также определять их *регуляторную роль* в поддержании баланса цитокинов и антимикробных факторов слизистых оболочек.

Определение эволюционно-экологической особенности индигенности прокариот в микросимбиозе хозяина связано с вопросом соотношения *факторов колонизации и персистенции* микроорганизмов. Это также позволяет выявить некоторые адаптивные черты индигенных штаммов, обеспечивающие их колонизацию и длительное выживание в условиях толстого кишечника. С помощью статистического анализа обширных экспериментальных материалов установлено, что для индигенных штаммов бифидобактерий, имеющих высокий уровень жизнеспособных клеток в кишечнике, характерны два информативных параметра: *лизоцимрезистентность* и *биоплёнокообразование*. И это неслучайно, учитывая, что лизо-

цим вездесущ в качестве первой линии иммунной защиты млекопитающих от микроорганизмов. Полученные данные позволяют сделать вывод о вкладе этих признаков в обеспечение процессов закрепления и длительного выживания индигенных штаммов в организме в результате эволюции прокариот совместно с иммунной системой хозяина.

Устойчивость к действию лизоцима хозяина у бифидобактерий реализуется в основном через модификацию пептидогликана (*О-ацетилирование пептидогликана*) и способность неспецифически с помощью ацетата изменять уровень лизоцима в среде [19]. Благодаря омиксным технологиям, применяемым в современной медицине и биологии, стало возможным получать информацию о молекулярно-генетической природе фенотипа бактерий, в том числе способности микробов проявлять резистентность к антимикробным факторам, например, лизоциму. В таблице 1 представлены детерминанты О-ацетилата в геномах секвенированных штаммов бифидобактерий из коллекции лаборатории инфекционной симбиологии ИКВС УрО РАН. Перечень известных гомологов в геномах индигенных штаммов составлен с помощью онлайн-сервиса RAST (коллекция NMPDR, США).

У грамположительных бактерий отмечено наличие бактериальных рецепторов — большое и разнообразное семейство σ -факторов, в отсутствие которых штаммы становятся более чувствительными к лизоциму и ряду антимикробных факторов хозяина [20]. σ -факторы наделяют РНК-полимеразу промоторной специфичностью у бактерий. Большинство σ -факторов должны быть активированы в ответ на внешний сигнал (в основном на лизоцим). В таблице 2 представлены варианты генов семейства σ -факторов в геномах секвенированных штаммов бифидобактерий. Проведённый анализ показал, что секвенированные штаммы *Bifidobacterium spp.* демонстрируют выраженное разнообразие в наборе генов семейства σ -факторов.

Полученные результаты свидетельствуют о широком наборе известных генов О-ацетилата и семейства σ -факторов у секвенированных штаммов, что позволяет предположить их значимость в процессах формирования лизоцимрезистентности бифидобактерий. Однако данный вопрос остаётся открытым и в будущем может иметь перспективы при изучении молекулярных механизмов взаимодействия микробных клеток и лизоцима — универсального антисептика слизистых хозяина.

В целом выявление особенностей персистенции микроорганизмов позволило дать ответ на вопрос: как отличить “свои” микробы от “чужих”? Это весьма сложно ввиду недостатка знаний о деталях данного процесса. Возможно, дальнейшее исследование поверхностных структур и секретлируемых факторов микроорганизмов по-

Таблица 1. Варианты генов О-ацетилата в геномах секвенированных штаммов бифидобактерий

Штамм	Белок							
	тРНК (цитидин(34)-2'-О)-метилтрансфераза	16S рРНК (цитидин(1402)-2'-О)-метилтрансфераза	Сахар О-ацетилтрансфераза	Мультивиды: 23S рРНК (гуанозин(2251)-2'-О)-метилтрансфераза RlmB	Гомосерин-О-сукцинилтрансфераза	О-ацетилгомосеринаминокарбокси пропилтрансфераза/дистинсинтаза	23S рРНК (гуанозин(2251)-2'-О)-метилтрансфераза RlmB	Гомосерин-О-сукцинилтрансфераза частичная
<i>B. longum</i> MC-42	WP_007058488.1 (223)	WP_015512102.1 (336)	WP_007052445.1 (225) WP_007052429.1 (210) WP_007053629.1 (224)	WP_007051816.1 (330)	WP_007051484.1 (334)	WP_059280647.1 (438)	—	—
<i>B. bifidum</i> 791	WP_080959163.1 (215)	WP_061871118.1 (328)	—	WP_003814978.1 (332)	WP_003814315.1 (344)	WP_061870472.1 (438) WP_003814823.1 (425)	—	—
<i>B. bifidum</i> ICIS-643	WP_080959163.1 (215)	WP_061871118.1 (328)	—	—	WP_003814315.1 (344)	WP_003814823.1 (4125) WP_061870472.1 (438)	WP_003814978.1 (332)	—
<i>B. bifidum</i> ICIS 202	WP_080959163.1 (215)	WP_061871118.1 (328)	—	—	WP_003814315.1 (344)	WP_003814823.1 (425) WP_061870472.1 (438)	WP_003814978.1 (332)	—
<i>B. bifidum</i> ICIS 629	WP_080959163.1 (215)	WP_061871118.1 (328)	—	WP_003814978.1 (332)	WP_003814315.1 (344)	WP_061870472.1 (438) WP_003814823.1 (425)	—	WP_227760341.1 (79)

Таблица 1. Окончание

Белок								
Штамм	тРНК (цитидин(34)-2'-О)-метилтрансфераза	16S рРНК (цитидин(1402)-2'-О)-метилтрансфераза	Сахар О-ацетилтрансфераза	Мультивиды: 23S рРНК (гуанозин(2251)-2'-О)-метилтрансфераза RlmB	Гомосерин-О-сукцинилтрансфераза	О-ацетиломосериноминоксикарбокси пропилтрансфераза/цистинсинтаза	23S рРНК (гуанозин(2251)-2'-О)-метилтрансфераза RlmB	Гомосерин-О-сукцинилтрансфераза частичная
<i>B. bifidum</i> ICIS 504	WP_013389580.1 (215)	WP_047271099.1 (328)	—	WP_003814978.1 (332)	WP_047270984.1 (344)	WP_047272398.1 (438) WP_003814823.1 (425)	—	—
<i>B. longum</i> ICIS-500	WP_007058488.1 (223)	WP_008783206.1 (336)	WP_010080813.1 (224) WP_007052445.1 (225)	WP_007051816.1 (330)	WP_117717796.1 (344)	WP_227248979.1 (438)	—	—
<i>B. longum</i> ICIS-206		WP_008783206.1 (336)	WP_061870380.1 (225) WP_007052429.1 (210) WP_010080813.1 (224) WP_007058488.1 (223)	WP_007051816.1 (330)	WP_007051484.1 (344)	WP_007052070.1 (438)		
<i>B. longum</i> ICIS-1113	WP_007053738.1 (220)	WP_008783206.1 (336)	WP_007053629.1 (224) WP_007052429.1 (210) WP_007052445.1 (225)	WP_007051816.1 (330)	WP_007054763.1 (344)	WP_007053427.1 (438)	—	—

Таблица 2. Варианты генов семейства σ -факторов в геномах секвенированных штаммов бифидобактерий

Штамм	σ -фактор		
	РНК-полимераза, σ -фактор	РНК-полимераза семейства σ -70, σ -фактор	РНК-полимераза семейства σ -70, σ -фактор частичный
<i>B. longum</i> MC-42	WP_007055162.1 (474)	WP_038426465.1 (250)	—
<i>B. bifidum</i> 791	WP_003813773.1 (500)	WP_014760022.1 (237)	—
<i>B. bifidum</i> ICIS-643	WP_003813773.1 (550)	WP_014760022.1 (237)	—
<i>B. bifidum</i> ICIS 202	WP_003813773.1 (500)	—	—
<i>B. bifidum</i> ICIS 629	WP_003813773.1 (500)	WP_014760022.1 (237)	WP_227760329.1 (139)
<i>B. bifidum</i> ICIS 504	WP_182430256.1 (499)	WP_014760022.1 (237)	—
<i>B. longum</i> ICIS-500	WP_007055162.1 (474)	WP_007057260.1 (250)	—
<i>B. longum</i> ICIS-206	WP_007055162.1 (474)	WP_007054434.1 (264)	—
<i>B. longum</i> ICIS-1113	WP_065438664.1 (474)	WP_007057260.1 (250)	—

может расширить и пополнить наши представления о персистенции индигенной флоры.

Таким образом, для определения индигенности симбионтных микроорганизмов необходимо оценивать их способность к персистенции — основную стратегию выживания микробных клеток, связанную с процессом их адаптации к внутренней среде хозяина. Как известно, адаптация характерна для всего живого, но мы предложили практическое использование знаний об адаптивном потенциале бактерий — лизоцимрезистентности и биоплёнкообразовании, которые оказались информативными при отборе индигенных штаммов. Мы смогли открыть доступ к ценному источнику полезных микроорганизмов, которые укрепляют нашу микробиоту и организм в целом. Индигенные штаммы бифидобактерий (патенты РФ № 2670054, 2704423, 2726653) могут быть включены в состав пробиотических препаратов (регистрационная заявка на патент № 2023109383) с использованием метода биосовместимости (патент РФ № 2676910) и найти широкое применение в различных лечебно-профилактических мероприятиях и функциональном питании.

Микробное распознавание “свой—чужой” — важная функция индигенных штаммов бифидобактерий. Наряду с выраженным адаптивным потенциалом одним из основных признаков индигенных микроорганизмов может служить их способность *регулировать микроокружение* и являться *функционально значимыми в биоценозе*. Бифидобактерии обладают мощным набором свойств, обеспечивающих их протективное действие в отношении заселения патогенными возбудителями, огромным метаболическим потенциалом (синтез витаминов, аминокислот, карбоновых кислот и биогенных аминов) и иммунорегуляторной активностью [3].

Несмотря на достаточную изученность вопроса о защитной роли бифидобактерий в биотопе толстого кишечника человека от патогенов различной природы, появляется всё новая информация об их функциях. Так, они способны сами осуществлять отбор микросимбионтов через феномен *микробного распознавания “свой—чужой”* [21], формируя тем самым своё микроокружение. Микробное распознавание и механизмы самоидентификации бактерий активно изучаются. В работах Л.М. Венрен с соавторами описаны результаты исследования роста культур *Proteus mirabilis* на поверхности агаровых сред [22]. А.Е. Шанк и Р. Колтер [23] связывают регуляторные взаимодействия микроорганизмов с наличием в их супернатанте “сигнальных” молекул. Очевидно, что изменение фенотипа микробных популяций при межмикробном взаимодействии осуществляется с помощью различных молекул, впоследствии использующихся микробиотой в качестве индукторов новых метаболитов-посредников, что в конечном счёте оказывает влияние на формирование антагонистических либо синергидных связей между бактериями. Исходя из этого внедрение микроорганизма в тело хозяина и его выживание будут зависеть не только от результата распознавания бактерий иммунной системой человека, но и от итога его взаимоотношений с индигенной бифидофлорой.

Доказательством индигенности кишечных бифидобактерий служат экспериментальные исследования на модели микробного распознавания “свой—чужой”, основанной на принципе индукции метаболитов в результате предварительного соинкубирования доминантов (бифидобактерий) с супернатантом ассоциантов (кишечные изоляты бактерий и грибов) и формировании обратной связи (синергизм/антагонизм) в паре “доминант—ассоциант”. Обратная связь оценивалась с использованием микробиологического метода по

Таблица 3. Результаты оценки микробного распознавания “свой–чужой” в условиях *in vivo*

Виды ассоциативной (распознаваемой) микробиоты кишечника	Частота обнаружения ассоциантов в начале исследования	Показатель микробной обсеменённости (ПМО) ассоциантов в начале исследования, КОЕ/мл	Результат, полученный с помощью модели “свой–чужой”	Результат обследования микросимбиотоза через 14–30 дней
<i>E. coli</i> (лактозопозитивные негемолитические)	100% (20 штаммов)	10^5 – 10^7	“свой”	• сохранение численности (ПМО) ассоцианта на прежнем уровне (16 штаммов) • увеличение численности (ПМО) ассоцианта (3 штамма) • отсутствие высеваемости ассоцианта (1 штамм)
<i>E. coli</i> (лактозонегативные гемолитические)	25% (5 штаммов)	10^3 – 10^5	“чужой”	отсутствие высеваемости ассоцианта (5 штаммов)
<i>K. pneumoniae</i>	10% (2 штамма)	10^7 – 10^8	“чужой”	отсутствие высеваемости ассоцианта (2 штамма)
<i>E. faecium</i>	55% (11 штаммов)	10^5 – 10^7	“свой”	• сохранение численности (ПМО) ассоцианта на прежнем уровне (10 штаммов) • отсутствие высеваемости ассоцианта (1 штамм)
<i>E. faecalis</i> (гемолитические)	20% (4 штамма)	10^5 – 10^7	“чужой”	отсутствие высеваемости ассоцианта (4 штамма)
<i>C. albicans</i>	20% (4 штамма)	10^4	“чужой”	снижение численности ассоцианта (4 штамма)

изменению базовых параметров физиологических функций микросимбионтов: ростовые свойства (рост/размножение, РС), биоплёнообразование (БПО) и антилизоцимная активность (АЛА). Если происходило снижение (антагонизм) РС, АЛА и БПО ассоциантов, то штаммы относили к “чужим” видам, а при увеличении (синергизм) показателей – к “своим” [21].

Способность бифидобактерий к микробному распознаванию “свой–чужой” была успешно воспроизведена в условиях *in vitro* на оппозитных штаммах *E. coli* М-17 и *E. coli* ЛЭГМ-18 [24], которые различаются по наличию острова патогенности (pks), кодирующего генотоксин колибактин. Было определено преимущественное усиление исследуемых биологических характеристик у *E. coli* ЛЭГМ-18 (pks –) и подавление у *E. coli* М-17 (pks +). Соответственно штамм *E. coli* ЛЭГМ-18 отнесён к “своим” видам, а культура *E. coli* М-17 – к “чужим”.

Способность индигенных штаммов сортировать кишечные бактерии на “свои” и “чужие” была определена и в условиях *in vivo* на основании анализа численности различных видов кишечных микроорганизмов (ассоцианты) толстого кишечника у 20 пациентов в динамике (на 1 и 14–30 день) (табл. 3). Во время проведения исследований приём антибактериальных препаратов и коррекция микросимбиотоза иммунобиологическими препаратами не проводились. Установлено, что микроорганизмы, которые по результату воздействия на них индигенных штаммов бифидобактерий были отнесены к категории “чужие”, при повторном исследовании микросимбиотоза кишечника через 14–30 дней снижали свою численность либо не обнаруживались, тогда как “свои” виды микросимбионтов достоверно не изменяли численность и сохранялись в ассоциации с индигенной бифидофлорой на протяжении данного времени.

Сложилось представление о роли бифидофлоры в формировании иммунного гомеостаза кишечника человека, где первичная дискриминация чужеродного материала бифидобактериями — инициальный этап последующего иммунологического сигналинга [25]. Большое значение во взаимодействии бифидобактерий и организма человека отводится цитокинам и способности бифидофлоры изменять численность данных регуляторных молекул во внутренней среде хозяина [26]. Учитывая, что в последнее время появляется всё больше сведений о роли цитокинов в формировании различной патологии (метаболические нарушения, патология опорно-двигательной системы, нарушение организации соединительной ткани, аутоиммунные заболевания, сердечно-сосудистые заболевания, сахарный диабет и др.) [3, 27], становится понятен всеобщий интерес к индигенной микробиоте кишечника человека, которая оказывается вовлечённой в мировую гонку за здоровьем.

* * *

Поскольку индигенная микробиота человека — это природная кладовая штаммов бифидобактерий и залог нашего здоровья, явление индигенности привлекает внимание учёных как недостатком сведений о ней, так и новыми подходами в инфектологии и экологии. Неслучайно говорят: здоровый кишечник — здоровый хозяин. Индигенные микроорганизмы — штаммы, которые, длительно (годами) пребывая в нашем кишечнике, персистируют и выполняют важные функции в работе пищеварительного тракта.

Использование обширной коллекции штаммов бифидобактерий (около 300) от здорового контингента позволило приблизиться к пониманию индигенности микроорганизмов с учётом особенности их персистенции. Определение индигенности симбионтных бактерий оценивают по их адаптивному потенциалу, поскольку адаптация свойственна всем живым системам. Адаптация микробных клеток в организме человека тесно связана с их длительным выживанием — персистенцией, информативными параметрами которой в случае бифидобактерий являются лизоцимрезистентность и биоплёнкообразование. Именно эти способности характеризуют адаптивный потенциал микробных клеток и могут учитываться при отборе индигенных штаммов для включения их в состав пробиотических препаратов.

Основной стратегией персистенции индигенной бифидофлоры служит устойчивость к действию лизоцима хозяина, реализуемая через О-ацетилирование пептидогликана. В геномах секвенированных штаммов индигенных бифидобактерий широко распространены детерминанты О-ацетилов и семейства σ -факторов, регулирующих процессы формирования лизоцимрези-

стентности бактерий. И это неслучайно, потому что лизоцим — универсальный антимикробный белок, первая линия иммунной защиты млекопитающих от патогенов.

Важная функция индигенных микроорганизмов как функционально значимых штаммов в микробиоценозе хозяина — способность регулировать кишечный гомеостаз человека через микробное распознавание “свой—чужой”. Микробное распознавание и механизмы самоидентификации бактерий активно изучаются, однако нетрудно заметить, что в зависимости от результата взаимоотношений с индигенной бифидофлорой (антагонистические либо синергидные связи) формируются микробные ассоциации толстого кишечника. Кроме того, полученные данные открывают перспективу использования микробного распознавания “свой—чужой” в качестве базового метода при отборе штаммов для создания новых микробных композиций.

Таким образом, экспериментально установлено явление индигенности кишечных микроорганизмов хозяина — бифидобактерий — как результат адаптации микробных клеток в организме, где основу их стратегии составляют персистенция и реализация феномена микробного распознавания. Оценивать индигенность штаммов бифидобактерий необходимо по их адаптивному потенциалу и способности к распознаванию микробиоты толстого кишечника. Точное определение индигенности симбионтных микроорганизмов человека открывает возможность теоретического осмысления знаний микроэкологии хозяина и новых прикладных аспектов в области создания биопрепаратов на бактериальной основе, позволяет систематизировать знания о симбионтной микробиоте человека и определить информативные признаки “своих” (коренных) штаммов, тем самым укрепляя микробиоту новыми полезными микроорганизмами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бухарин О.В., Иванова Е.В. Особенности персистенции индигенных штаммов бифидобактерий кишечника человека // Вестник РАН. 2023. № 6. С. 549–556.
2. Дворецкий И.Х. Латинско-русский словарь. М.: Русский язык, 1986.
3. Бухарин О.В., Перунова Н.Б., Иванова Е.В. Бифидофлора при ассоциативном симбиозе человека. Екатеринбург: УрО РАН, 2014.
4. Бухарин О.В. Персистенция патогенных бактерий. М.: Медицина, 1999.
5. Duranti S., Longhi G., Ventura M. et al. Exploring the ecology of Bifidobacteria and their genetic adaptation to the mammalian gut // Microorganisms. 2020. V. 9 (1). P. 8.
6. Sun Z., Zhang W., Guo C. et al. Comparative Genomic Analysis of 45 Type Strains of the Genus *Bifidobacterium*: A Snapshot of Its Genetic Diversity and Evolution // PLOS ONE. 2015. V. 10 (2). e0117912.

7. Turroni F., Duranti S., Bottacini F. et al. *Bifidobacterium bifidum* as an example of a specialized human gut commensal // Front. in microbiol. 2014. V. 5. P. 437.
8. Russell J.T., Roesch L.F.W., Ordborg M. et al. Genetic Risk for Autoimmunity is Associated with Distinct Changes in the Human Gut Microbiome // Nat. Commun. 2019. № 10. P. 3621.
9. Lin C., Lin Y., Zhang H. et al. Intestinal 'Infant-Type' Bifidobacteria Mediate Immune System Development in the First 1000 Days of Life // Nutrients. 2022. № 14. P. 1498.
10. Henrick B.M., Rodriguez L., Lakshmikanth T. et al. Bifidobacteria-Mediated Immune System Imprinting Early in Life // Cell. 2021. V. 184 (15). P. 3884–3898.
11. Yao Y., Cai X., Ye Y. et al. The Role of Microbiota in Infant Health: From Early Life to Adulthood // Front. Immunol. 2021. № 12. P. 708472.
12. Беляева Е.А., Червинец Ю.В., Червинец В.М. и др. Характеристика пробиотических свойств штаммов рода *Bifidobacterium*, выделенных из желудочно-кишечного тракта жителей Центрального региона России // Клиническая лабораторная диагностика. 2015. № 2. С. 53–58.
13. Hidalgo-Cantabrana C., Delgado S., Ruiz L. et al. Bifidobacteria and their health-promoting effects // Microbiol. Spectr. 2017. № 5. P. 3.
14. Бухарин О.В., Вальшиев А.В., Гильмутдинова Ф.Г. и др. Экология микроорганизмов человека / Отв. ред. О.В. Бухарин. Екатеринбург: УрО РАН, 2006.
15. Эль-Регистан Г.И., Николаев Ю.А., Мулюкин А.Л. и др. Явление персистенции – формы и механизмы выживаемости популяций // Медицинский алфавит. Эпидемиология и гигиена. 2014. № 2. С. 49–54.
16. Андрюков Б.Г., Ляпун И.Н. Молекулярные механизмы персистенции бактерий // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2020. № 3. С. 271–279.
17. Бухарин О.В., Гинцбург А.Л., Романова Ю.М., Эль-Регистан Г.И. Механизмы выживания бактерий. М.: Медицина, 2005.
18. Бухарин О.В., Лобакова Е.С., Немцева Н.В., Черкасов С.В. Ассоциативный симбиоз. Екатеринбург: УрО РАН, 2007.
19. Бухарин О.В., Андрющенко С.В., Перунова Н.Б., Иванова Е.В. Механизм персистенции индигенных бифидобактерий под действием ацетата в кишечном биотопе человека // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2021. № 3. С. 276–282.
20. Kaus G.M., Snyder L.F., Müh U. et al. Lysozyme Resistance in *Clostridioides difficile* is Dependent on Two Peptidoglycan Deacetylases // J. Bacteriol. 2020. V. 202 (22). e00421-20.
21. Бухарин О.В., Перунова Н.Б. Микросимбиоз. Екатеринбург: УрО РАН, 2014.
22. Wenren L.M., Sullivan N.L., Cardarelli L. et al. Two independent pathways for self-recognition in *Proteus mirabilis* are linked by type VI-dependent export // mBio. 2013. V. 4 (4). e00374-13.
23. Shank A.E., Kolter R. New developments in microbial interspecies signaling // Curr. Opin. Microbiol. 2009. V. 12 (2). P. 205–214.
24. Бухарин О.В., Перунова Н.Б., Иванова Е.В., Андрющенко С.В. Межмикробное распознавание “своей-чужой” в паре “доминант–ассоциант” пробиотических штаммов *Escherichia coli* М-17 и *Escherichia coli* ЛЭГМ-18 // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2016. № 3. С. 3–9.
25. Бухарин О.В., Иванова Е.В., Перунова Н.Б., Чайникова И.Н. Роль бифидобактерий в формировании иммунного гомеостаза человека // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2015. № 67. С. 98–104.
26. Бухарин О.В., Иванова Е.В., Перунова Н.Б. и др. Иммунорегуляторные свойства метаболитов бифидобактерий при зубиозе и дисбиозе толстого кишечника человека // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2015. № 4. С. 89–96.
27. Teng M.W., Bowman E.P., McElwee J.J. et al. IL-12 and IL-23 cytokines: from discovery to targeted therapies for immune-mediated inflammatory diseases // Nat. Med. 2015. V. 21 (7). P. 719–729.

NATIVE STRAINS OF HUMAN INTESTINAL BIFIDOBACTERIA: INDIGENEITY THROUGH THE PRISM OF PERSISTENCE

O. V. Bukharin^{1,*}, E. V. Ivanova^{1,##}, and N. B. Perunova^{1,###}

¹Institute for Cellular and Intracellular Symbiosis, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

*E-mail: ofrc@list.ru

##E-mail: walerewna13@gmail.com

###E-mail: perunovanb@gmail.com

The indigenous human microbiota is a natural storehouse of bifidobacteria strains, the key to our health. To determine the indigeneity of symbiont microorganisms, it is proposed to evaluate their adaptive potential (lysozyme resistance and biofilm formation), since adaptation is characteristic of all living systems, and in the human body the main adaptation strategy for bacteria is persistence. One of the mechanisms of persistence of indigenous bifidoflora is resistance to the action of host lysozyme, realized through the modification of peptidoglycan — O-acetylation (a wide range of O-cetylolate determinants and a family of σ -factors). An important function of indigenous bifidobacteria in the functioning of the human digestive tract is their ability to participate in microbial recognition of “friend or foe”. The results obtained made it possible to open access to a source of beneficial indigenous microorganisms and use them in the selection of cultures for the creation of modern biological products.

Keywords: indigeneity, indigeneity, persistence, adaptation, bifidobacteria, lysozyme resistance, microbial recognition of “self–non-self”.

СИСТЕМА ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ВОЕННО-ОРИЕНТИРОВАННЫМИ НИОКР В США

© 2023 г. Л. В. Панкова^{а,*}, О. В. Гусарова^{а,**}, Д. В. Стефанович^{а,***}

^аНациональный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений им. Е.М. Примакова РАН,
Москва, Россия

*E-mail: lpankova@imemo.ru

**E-mail: olgusarova@imemo.ru

***E-mail: stefanovich@imemo.ru

Поступила в редакцию 27.07.2023 г.

После доработки 04.10.2023 г.

Принята к публикации 15.10.2023 г.

Статья посвящена вопросам организации и управления оборонными НИОКР США как одного из лидеров инновационно-цифрового развития. Авторы ставят перед собой цель углубить понимание организационно-управленческой составляющей оборонной сферы исследований и разработок как в концептуальном плане, так и с точки зрения её общей структуры, особенностей планирования и регулирования в условиях динамичных научно-технологических трансформаций. Отмечается активная тенденция к совершенствованию модели взаимодействия государственных организаций и бизнеса, выделяются наиболее значимые инновационные организационно-управленческие инициативы в сфере оборонных исследований и разработок, основные факторы и инструменты их реализации.

Ключевые слова: США, военно-ориентированные НИОКР, технологии, инновации, инновационная деятельность, конкуренция, цифровизация, национальная и международная безопасность.

DOI: 10.31857/S0869587323110087, **EDN:** CNMBOT

В условиях стратегической конкуренции главных центров инновационно-цифрового сдвига — США, Китая и России — набирает темпы и масштабы мировая инновационно-технологическая экспансия. Следствием этого становится усиление внимания к вопросам организации сектора НИОКР. Особый интерес представляет изучение соответствующей практики в США, которые остаются лидером инновационно-цифрового развития. Сложность и взаимообусловленность

критически важных и зарождающихся технологий военно-ориентированного характера в ведущих странах мира, фактически одновременное их развитие обуславливают важность разработки этой тематики. А стремление США к глобальному технологическому и военно-техническому лидерству актуализирует изучение организационно-управленческой составляющей инновационно-цифрового развития.



ПАНКОВА Людмила Владимировна — доктор экономических наук, заведующая отделом военно-экономических исследований безопасности ЦМБ ИМЭМО им. Е.М. Примакова РАН. **ГУСАРОВА** Ольга Владимировна — научный сотрудник отдела военно-экономических исследований безопасности ЦМБ ИМЭМО им. Е.М. Примакова РАН. **СТЕФАнович** Дмитрий Викторович — научный сотрудник отдела военно-экономических исследований безопасности ЦМБ ИМЭМО им. Е.М. Примакова РАН.

В Плане стратегического управления Министерства обороны США на 2022–2026 гг.¹ особо отмечается, что впервые в результате инкорпорирования Обзора ядерной политики² и Обзора противоракетной обороны³ в разработанную в 2022 г. Национальную стратегию обороны⁴ появилась реальная возможность обеспечения плотной взаимосвязи между стратегией и ресурсами. А из четырёх стратегических целей американского Плана стратегического управления на первое место выдвигается обеспечение *правильных* технологических инвестиций и трансформации вооружённых сил. В то же время США заняты поиском технологических решений, закрепляющих их преимущество (либо компенсирующих преимущества вероятных противников) в традиционных сферах военного противоборства. Например, они продолжают инвестиции в противоракетную оборону и средства неядерного быстрого глобального удара, несмотря на их спорную эффективность.

Россия также предпринимает усилия по совершенствованию и разработке высокотехнологичных вооружений и стала общепризнанным мировым лидером в области ракетно-планирующего ядерного гиперзвукового оружия и гиперзвуковых планирующих систем двойного назначения средней дальности, крылатых ракет неограниченной дальности и автономных подводных аппаратов с атомными двигателями и боезарядами. Совершенствуется и российская Воздушно-космическая оборона, в том числе с учётом новых гиперзвуковых угроз. В свою очередь Китай стремится обеспечить региональное преимущество в соперничестве с США, разрабатывая противокорабельные баллистические и ракетно-планирующие ракеты, противоспутниковые системы, военный кибер-потенциал, частично-орбитальные ракеты с гиперзвуковым планирующим блоком и пр.

События на Украине свидетельствуют об интенсификации процесса роботизации боевого пространства. На стадию развёртывания выходят всё более совершенные дроны всех видов базирования, размываются грани между такими средствами поражения, как крылатые ракеты, беспилотные летательные аппараты, барражирующие боеприпасы и торпеды, морские мины, автономные необитаемые подводные и надводные аппараты. Насыщение информационной сферы, постепенное объединение задач радиоэлектронной борьбы и противоборства в киберпространстве тоже стали характерными тенденциями в сфере вооружённого противостояния. Особое значение приобретает интеграция различных видов и родов войск, их разведывательных, ударных и обеспе-

чивающих средств в единые контуры, что позволит проводить подлинно многосферные операции, с помощью которых можно оказывать комплексное воздействие на силы и средства противника, выявлять его слабые места и синхронизировать ударные воздействия.

В таких условиях особенно важно обеспечить эффективную работу всех видов связи, прежде всего орбитальных. Учитывая уязвимость космических аппаратов для противоспутниковых средств различного базирования, разрушающих и неразрушающих, совершенствуются технологии создания и восполнения группировок малых и сверхмалых космических аппаратов.

Продолжается реализация проектов в области оружия направленной энергии, однако до настоящего времени возможности боевых лазерных комплексов и СВЧ-генераторов остаются ограниченными.

Развитие новых видов вооружений, военной и специальной техники (ВиВСТ) требует значительных инвестиций в лабораторную и испытательную базу, а также в технологии искусственного интеллекта и суперкомпьютерные технологии. Применение технологий машинного обучения, нейросетей на базе сверхвысокопроизводительных вычислительных машин позволяет сократить затраты и сроки на разработку и испытание новых образцов, а также повысить скорость и качество планирования военных операций благодаря автоматизации получения и анализа колоссальных объёмов информации.

КОНЦЕПЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОЕННО-ОРИЕНТИРОВАННЫМИ НИОКР

Финансируемые военными ведомствами зарубежных стран исследования и разработки — это не только долгосрочная тенденция повышения качества вооружений и военной техники, но и важный признак динамизма высокотехнологичных отраслей и инноваций. В США наблюдается активное переосмысление системы организации науки, изменение её масштабов на государственном и частном уровне. Провозглашённая руководством страны в конце второго десятилетия XXI столетия конкуренция великих держав не только ускоряет этот процесс, но и вносит в него свои коррективы.

В официальных документах указывается: исследования и разработки (ИиР) играют ключевую роль в обеспечении “глобального лидерства США в области науки и технологий” [1]. Ставится задача в третьем десятилетии XXI в. кардинально опередить Китай в сфере НИОКР. 28 июня 2021 г. Палата представителей Конгресса США приняла законопроект о стимулировании НИОКР. По мнению президента Дж. Байдена, это поможет Соединённым Штатам “превзойти Китай и весь

¹ DoD strategic management plan. Fiscal Years 2022–2026.

² Nuclear posture review, NPR.

³ Missile defense review, MDR.

⁴ National defense strategy, NDS.

остальной мир на долгие годы”. В начале июня 2021 г. Сенат Конгресса США одобрил законопроект, в соответствии с которым на противоборство с Китаем в технической сфере из бюджета страны выделяется 250 млрд долл. Средства предусмотрены на обеспечение работы НАСА и Министерства торговли и энергетики в области передовых технологических исследований.

Запрос МО США на исследования, разработки, тестирование и оценку (research, development, test and evaluation, RDT&E) на 2022 г. достиг 112 млрд долл., что на 5.5 млрд долл. (5%) больше, чем в 2021 г. Это самая значительная сумма за всю историю военного ведомства США. При этом финансирование военных закупок снизилось в 2022 г. на 8 млрд долл. (около 6%) — до 133 млрд долл. Столь масштабное финансирование оборонных ИиР, как уже отмечалось выше, — ответ на военную модернизацию Китая, которая рассматривается в Северной Америке как долгосрочный вызов. Запрос МО США на RDT&E на 2024 г. составил уже 145 млрд долл., что на 11.5% больше, чем в 2023 г. [2]. Увеличивается и финансирование военных закупок — до 170 млрд долл., что связано в первую очередь с украинским кризисом.

Приоритетные направления. В рамках бюджета на исследования, разработки, тестирование и оценку на 2024 г. выделены 14 важнейших технологических областей, которые признаны МО США в качестве критически важных. Они включают биотехнологии, квантовые технологии, беспроводные технологии будущего поколения и новые материалы (advanced materials) — все они отмечены как “новые возможности” [3]. В их числе искусственный интеллект (1.8 млрд долл.⁵), гиперзвуковые и иные технологии для ракетного оружия большой дальности (11 млрд долл.⁶), киберсфера (13.5 млрд долл. [4]), квантовые компьютеры и др. На ИиР в области микроэлектроники американское военное ведомство запрашивает 1.7 млрд долл. [3].

Исключительно важны не только объёмы финансовых ресурсов, направляемых в сферу НИОКР, но и их *кумулятивный эффект* за предыдущий период. Идёт процесс непрерывного накопления так называемых неявных знаний, экспериментального опыта по интеграции сложных систем, мобилизация и совершенствование кадрового корпуса, сведущего в специализированных параметрах военных систем.

Оборонный сектор — потенциально один из наиболее высокотехнологичных секторов национальной экономики в странах с высоким уровнем

военных расходов. Ему и в рыночной экономике присущи функции мотора диверсификации всего хозяйства, а также двигателя преобразования гражданского сектора даже в условиях наращивания наукоёмкости гражданских отраслей экономики и интенсификации их обратных связей с оборонной промышленностью. Ассигнования на оборонные закупки оказывают положительное воздействие на инновационную деятельность корпораций, особенно на сферу патентования и инвестиции в НИОКР частного сектора. Компании получают стимулы для разработки новых технологий и расширения технологических горизонтов, не имеющих ещё своей ниши на гражданском рынке, а военные расходы на НИОКР влияют на инновационную деятельность в целом.

Новые подходы в обеспечении военных потребностей США. Уже в начале нулевых годов в процессе очередного цикла трансформации вооружённых сил США американское руководство отмечало, что в дополнение к технологиям и новым оперативным концепциям и формам организации необходимо предпринять неотложные меры по разработке новых подходов к приобретению вооружений, военной и специальной техники, к процессу планирования, программирования, разработки бюджета (planning-programming-budgeting, PPB) [5], а также изменению системы тестирования и экспериментирования. Чётко проявилась и необходимость серьёзного совершенствования системы управления рисками. Отправным пунктом в оборонном планировании стали не только угрозы, но и, как отмечал в своё время министр обороны США Д. Рамсфельд, “силы и средства, необходимые в будущем”. Речь шла об удовлетворении текущих и будущих потребностей вооружённых сил США в военных технологиях и новых системах оружия. МО США интенсивно ищет баланс между стремлением действовать быстро и необходимостью обеспечить достаточную аналитическую базу для лиц, принимающих решения. Более того, к началу нового тысячелетия в МО США были переработаны сотни документов и инструкций, что способствовало внедрению коммерческой практики в деятельность военного ведомства. Расширился круг задач МО США, для решения которых используется потенциал частного сектора.

Ответственность за формирование политики, планирование, управление ресурсами и оценку программ в сфере НИОКР несёт Аппарат министра обороны США (The Office of the Secretary of Defense, OSD). В 2018 г. министром обороны Дж. Мэттисом были проведены некоторые структурные перестановки. До 2018 г. вопросами НИОКР занимался помощник министра обороны по исследованиям и разработкам, который подчинялся заместителю министра обороны по закупкам, технологиям и логистике (Under Secre-

⁵ Для сравнения: в запросе на 2022 г. эта цифра составляла 874 млн долл.

⁶ Согласно запросу Байдена на 2022 г. эта цифра составляла 3.8 млрд долл.

tary of Defense for Acquisition, Technology, and Logistics, USD (AT&L). С 1 февраля 2018 г. эта должность была упразднена, вместо неё была введена должность заместителя министра обороны по закупкам и материально-техническому обеспечению (Under Secretary of Defense for Acquisition and Sustainment, USD (A&S)). Исследования и разработки были выделены в независимое направление, ранг руководителя которого был повышен с ранга помощника министра обороны до ранга заместителя министра. Таким образом, в настоящий момент вопросами НИОКР занимается аппарат заместителя министра обороны по исследованиям и проектно-конструкторским разработкам (Office of the Under Secretary of Defense for Research and Engineering (R&E)), а возглавляющий его заместитель министра занимает в иерархии третью позицию после министра обороны и первого заместителя министра обороны.

Заместитель министра обороны по исследованиям и проектно-конструкторским разработкам подотчётен непосредственно министру обороны. Его основные задачи:

- внедрение перспективных технологий и инноваций в военные службы и МО;
- разработка политики и наблюдение за всеми оборонными исследованиями и конструкторскими разработками, технологическим развитием, передачей технологий, деятельностью в области прототипирования и экспериментирования, унификация оборонных исследований и инженерно-конструкторских работ в рамках МО;
- исполнение обязанностей главного консультанта министра обороны по всем программам и всем направлениям НИОКР военного ведомства: исследованиям, технологическим разработкам, инженерно-конструкторской деятельности.

Основная задача аппарата замминистра USD (R&E) — содействовать более быстрому распространению инноваций, не выходя в погоне за технологиями за пределы допустимого риска.

Помимо трёх основных подразделений в аппарате замминистра USD(R&E), возглавляемых директорами управлений оборонных исследований и проектно-конструкторских разработок⁷ по исследованиям и технологиям⁸, передовым возможностям и модернизации⁹, организованы две специальные структуры, возглавляемые техническими директорами по исследованиям и разработкам¹⁰ в области ИИ и 5G-технологий, которые подчиняются заместителю министра обороны. В феврале 2018 г. замминистра обороны по исследованиям и

проектно-конструкторским разработкам взял на себя обязанности по администрированию программ Фонда инновационных исследований малого бизнеса¹¹ и Фонда быстрых инноваций¹².

Особое внимание уделяется сейчас гиперзвуковому оружию. В связи с этим в аппарате замминистра по исследованиям и проектно-конструкторским разработкам в рамках управления по модернизации созданы: должность главного директора по гиперзвуку¹³, единое управление по переходу к гиперзвуку¹⁴, центр управления ресурсами для испытаний¹⁵, а также так называемые сообщества по интересам¹⁶ с целью координации и сотрудничества в областях, которыми занимаются различные подразделения Минобороны (рис. 1). Кроме того, в аппарате замминистра по закупкам и МТО (USD(A&S)) в феврале 2020 г. был организован Гиперзвуковой оперативный центр¹⁷, ключевая задача которого — сбор и анализ данных для подготовки предложений по обеспечению достаточных промышленных мощностей при переходе программ в области гиперзвукового оружия на стадию закупок. В рамках подготовки национального Закона в сфере обороны 2024 г. (NDAA-2024)¹⁸ программы, связанные с разработкой гиперзвукового оружия, остаются приоритетными. При этом пристальное внимание, в том числе со стороны законодательной власти, уделяется повышению интенсивности пусков разрабатываемых изделий.

Финансирование военных НИОКР. Ответственность за финансовое обеспечение НИОКР по линии МО разделена между заместителем министра обороны по закупкам и материально-техническому обеспечению (USD(A&S)) и заместителем министра обороны по исследованиям и проектно-конструкторским разработкам (USD(R&E)) в рамках их функций и полномочий. Согласно Директиве МО США 5137.02 от 15 июля 2020 г. [6] замминистра по закупкам и МТО должен координировать свою работу с замминистра по исследованиям и проектно-конструкторским разработкам, чтобы обеспечить успешную передачу новых технологий для закупки в соответствии со стратегиями и требованиями аппарата замминистра по исследованиям и проектно-конструкторским разработкам, в поддержку миссии Министерства обороны США. Как предполагается, руководство МО США должно координировать свою деятель-

⁷ Director of defense research and engineering.

⁸ Research and technology.

⁹ Advanced capabilities and modernization.

¹⁰ Technical directors of defense research and engineering.

¹¹ Small business innovation research.

¹² Rapid innovation fund programs.

¹³ Principal director for hypersonics.

¹⁴ Joint hypersonics transition office.

¹⁵ Test resource management center.

¹⁶ Communities of interest.

¹⁷ Hypersonic war room.

¹⁸ National defense authorization act, NDAA.



Рис. 1. Организационная структура МО США в сфере исследований и разработок на примере реализации гиперзвуковых проектов

Источник: Hypersonic Weapons: DOD Should Clarify Roles and Responsibilities to Ensure Coordination across Development Efforts. U.S. Government Accountability Office. GAO-21-378, 2021. March 22.

ность в целях содействия быстрой закупке инновационной техники; сохранения технологических преимуществ США над потенциальными противниками; эффективных и результативных процессов подготовки нового оружия, включая его разработку, приобретение, эксплуатацию, техническое обслуживание, вывод из эксплуатации и замену.

По сути, в 2018 г. в рамках национального Закона в сфере обороны 2017 г. (National defense authorization act. P.L.114–328) [7] исследования и разработки были возвращены в структуре МО на уровень аппарата замминистра обороны, на котором они находились в период с 1977 по 1986 г., причём с прежним названием — USD(R&E). Ожидается, что аппарат замминистра USD(R&E), как и прежний, который возглавил так называемую стратегию второго офсета (в её рамках были успешно решены многие научно-технические задачи), обеспечит эффективную разработку ключевых перспективных технологий на десятилетия вперёд [8]. Часть полномочий и ответственности в сфере приобретения и текущего управления активностью в области НИОКР Конгресс США переложил на виды вооружённых сил, в то время как аппарат замминистра обороны USD(R&E) не располагает полномочиями прямого финансирования исследований и разработок [9].

Особенности инструментов планирования. Первой попыткой “систематического и организованного применения аналитических методов в сфере государственного управления” [10, с. 10] стало введение с 1961 г. системы ППБ (планирование —

программирование — разработка бюджета). В течение прошедшего с тех пор времени эта система непрерывно эволюционировала. Не рассматривая в деталях конкретный процедурный механизм ППБ, сосредоточим внимание на его современных особенностях.

В 2001 г. система ППБ получила новое название ППБИ — “планирование—программирование—разработка бюджета—исполнение программ” (planning, programming, budgeting and execution, PPBE) [5]. Усилия были направлены на более тесную увязку планирования строительства вооружённых сил с разработкой и исполнением военного бюджета, на уменьшение временного и процедурного разрыва между разработкой политики и её реализацией, на более тесную связь ППБИ с политическим процессом принятия решений. Система ППБИ — критическая составляющая в формировании вооружённых сил будущего [11]. На стадии программирования составляется программная структура — как “иерархически организованная совокупность целевых программ, охватывающих всю деятельность МО США” [10, с. 91].

На протяжении уже более полувека шестой главной программой американского военного ведомства является программа “Исследования и разработки” (MFP06)¹⁹, которая подразделяется на подпрограммы: исследования, поисковые разработки, перспективные разработки, далее следует разделение по видам вооружённых сил. Если

¹⁹ Всего в МО США, по данным на 2023 г., выделено 12 главных программ (major force program — MFP), подразделяемых на десятки подпрограмм первого уровня.

цель первых двух программ “Стратегические силы” и “Силы общего назначения” заключается в обеспечении боеготовности вооружённых сил в ближайший период, то основная цель шестой главной программы “Исследования и разработки” — развитие вооружённых сил в условиях непрерывности и динамичности научно-технического прогресса. По сути, именно в рамках этой программы закладывается база реализации неуклонного стремления США к военно-техническому превосходству. Работы, финансируемые МО США в рамках шестой главной программы, по мнению Исследовательской службы американского конгресса, играют центральную роль в обеспечении национальной безопасности и глобального лидерства США в области науки и технологий [1].

По характеру работы в рамках шестой главной программы МО США выделяет сегодня восемь направлений (6.1–6.8): фундаментальные исследования; прикладные исследования; перспективные технологические разработки; перспективные разработки компонентов и прототипы; разработка систем и демонстрация; управленческая поддержка RDT&E; разработка операционных систем; программное обеспечение и пилотные (экспериментальные) программы в области цифровых технологий. В совокупности на шестую главную программу МО выделяется более 40% всех федеральных ассигнований на исследования и разработки. ППБИ устанавливается министром обороны США, который представляет приоритеты и цели в соответствии с Директивой МО США 7045.14 от 25 января 2013 г. (planning, programming, budgeting and execution process) [12]. В целом система ППБИ — важный инструмент управления развитием вооружённых сил страны, в том числе в сфере НИОКР.

На стадии планирования процесса ППБИ определяются и изучаются альтернативные стратегии, изменения условий и трендов, угроз, технологий, проводится экономическая оценка наблюдаемых тенденций в непосредственной связи с анализом долгосрочных последствий текущего выбора [13]. МО США выпускало по запросу американского конгресса “Четырёхгодовые обзоры состояния обороны” (Quadrennial Defense Review, QDR — 1997, 2001, 2005, 2010, 2014 гг.) с целью оценки национальной оборонной стратегии, военного бюджета, структуры вооружённых сил и планов их модернизации. К середине первого десятилетия XXI в. было выделено пять руководящих принципов аналитики такого рода: анализ сверху вниз; отсутствие чрезмерной детализации; базирование на стратегии, которую можно реально оценить; нахождение в рамках обзора угроз, определённых Руководством по стратегическому планированию (strategic planning guidance, SPG). Четырёхгодовые обзоры способствовали все-

объемлющему изучению американской оборонной стратегии и политики, установлению оборонной программы на 20 лет, включая сферу исследований и разработок [14].

С 2006 г. были введены усовершенствованные стандарты планирования вооружённых сил. В целом законодательно уполномоченный обзор стратегии и приоритетов МО США в рамках Четырёхгодовых обзоров подтверждал долгосрочный курс МО США, исходя из оценки угроз и вызовов, возможностей военного ведомства с учётом “сегодняшних конфликтов и завтрашних угроз” [13]. С 2018 г. функции Четырёхгодового обзора перешли к Национальной стратегии обороны (NDS) [15], которая выстраивает дорожную карту для военного ведомства США. По мнению американского военно-политического руководства, это позволит ответить на вызовы, обусловленные долгосрочной стратегической конкуренцией с Китаем и Россией [16]. В качестве одной из главных целей Стратегии-2018 рассматривается восстановление конкурентоспособности США при условии блокирования их глобальных конкурентов — России и Китая [17].

Важным инструментом управления является ежегодная Программа МО по развитию и финансированию вооружённых сил США на ближайшие пять лет (Программа обороны будущих лет — Future Years Defense Program, FYDP). Она включает перспективную оценку вооружённых сил, ресурсов и программ по поддержке деятельности МО США, формируется и уточняется ежегодно, принимает окончательную форму на стадии программирования процесса ППБИ, хотя и корректируется в рамках последующей бюджетной стадии [18]. В рамках FYDP прогнозируются финансирование, численность ВС и необходимый состав и структура вооружённых сил США сверх пятилетнего периода; в расчёт принимаются пятилетняя программа МО, показатели за предыдущие два года и за три последующих года. То есть, например, FYDP за 2023 финансовый год отражает десятилетний период 2021–2030 гг. (где собственно пятилетняя программа охватывает период 2023–2027 гг.)²⁰.

Первоначально использовавшаяся как инструмент планирования, Программа FYDP позволила МО США и военным службам более эффективно планировать ожидаемые изменения по реализуемым программам и приоритетам. Например, к таким изменениям можно отнести перераспределение финансирования при переходе от НИОКР к закупкам, от сложных программ к более обширным, высокоприоритетным закупкам или определению финансирования зарождающихся приоритетов, которые, как ожидается,

²⁰Последняя пятилетняя программа МО США (FYDP) на 2023–2027 гг. была опубликована в апреле 2022 г.

могут потребовать ресурсов на период, превышающий пяти-десятилетний.

Сегодня, по мнению американских экспертов, процесс оборонного планирования, включая сферу НИОКР, должен быть углублён и расширен [19]. Цель нововведения – разработка более широкого набора сценариев, учитывающих, по возможности, весь спектр потенциальных изменений геостратегических условий. Существующие и перспективные цифровые технологии, которые позволяют не только решать более широкий круг задач, но и более эффективно выполнять расширенный набор функций, должны обеспечить возможность реализации гибких организационных форм, формирования новых структур управления.

Показательно, что законодательный акт сената США в области обороны 2021 г.²¹ [20] вернул процесс ППБИ в центр внимания, хотя указывается на необходимость его реформирования. По мнению комиссии Сената, следует определить, обладает ли структура ППБИ в её нынешней форме достаточным быстродействием и гибкостью, чтобы поддерживать исследования и разработки МО США на должном уровне при нынешних тенденциях технологического прогресса.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В ОБЛАСТИ НИОКР

В течение последних десятилетий сфера исследований и разработок в Соединённых Штатах претерпела серьёзные изменения. Теперь МО США уже не играет доминирующую роль в этой области [21]. В 1960-х годах федеральное правительство финансировало 2/3 американских ИиР, причём половина приходилась на военно-ориентированные исследования. Сегодня МО США несёт ответственность за 1/10 американских ИиР [21, р. 6], а доля федерального правительства в их обеспечении уменьшилась до менее чем одной четверти, остальное финансирование обеспечивают частные компании и университеты [22]. Доля финансирования ИиР как процент ВВП осталась практически неизменной, но роли федерального правительства и частного сектора в этом процессе поменялись. То есть большая часть инноваций сейчас разрабатывается вне Министерства обороны. Это своего рода вызов для военного ведомства США.

Важным фактором прогрессивного развития американской науки является не только высокий уровень её финансирования, но и множественность источников её поддержки, включая Национальный научный фонд, МО, НАСА, Министер-

ство энергетики, Национальный институт стандартов и технологий и др. Организация научных исследований в стране достаточно сложная и многоструктурная, что позволяет развивать практически все научные направления, причём на самом высоком уровне. Однако возникновение новых технологий требует изменения организационно-управленческих структур.

К середине 2010-х годов МО США столкнулось с тем, что хорошо зарекомендовавшая себя система оборонных инноваций не работает также эффективно в отношении новых технологий. Появилась необходимость в более гибких и эффективных механизмах, например, в быстрых закупках. Тогдашний министр обороны Э. Картер решил расширить возможности создания и внедрения инноваций, опираясь на существующую систему, представленную Управлением перспективных исследований и разработок ДАРПА (DARPA – Defense advanced research project agency) и другими научно-исследовательскими учреждениями. Одновременно были расширены права и возможности командований (например, Командования специальных операций США²² и его сил специальных операций²³), а также созданы новые агентства, такие как Управление стратегического потенциала²⁴, Подразделение оборонных инноваций²⁵ и Национальная сеть инноваций в области безопасности²⁶ с целью вовлечения в процесс разработки и внедрения научно-технических новшеств нетрадиционных участников, которые могли бы раздвинуть границы инновационной деятельности.

Следует отметить, что новые агентства пережили смену администрации президента США в 2016 г. и те перестановки в системе МО, которые осуществил министр обороны Дж. Мэттис в 2018 г. Подразделение оборонных инноваций (DIU) подчиняется сейчас заместителю министра по исследованиям и проектно-конструкторским разработкам USD(R&E), а Управление стратегического потенциала (SCO) – непосредственно первому замминистра обороны.

Министерство обороны – одно из крупнейших федеральных ведомств США, поддерживающих НИОКР. В 63 исследовательских центрах и лабораториях МО занято примерно 100 тыс. человек [23]. Основные элементы структуры НИОКР США – Управление перспективных исследований и разработок ДАРПА; военные лаборатории (в рамках ВВС, ВМС, армии); центры исследований и разработок, финансируемые федеральным

²²Special operations command, SOCOM.

²³Special operations forces works, SOFW.

²⁴Strategic capabilities office – SCO.

²⁵Defense innovation unit, DIU.

²⁶National security innovation network – NSIN.

²¹Senate's defense authorization bill – Sept. 24, 2021.

правительством²⁷. Именно они на протяжении многих десятилетий остаются ключевыми источниками технологических инноваций. В последние годы к ним добавились и разведывательные организации, например, было создано подобное ДАРПА управление — Intelligence advanced research project agency (IARPA).

Управление перспективных исследований и разработок (ДАРПА) призвано прогнозировать перспективные направления военных исследований и ускорять продвижение новаций до стадии демонстрации технологий. Управление должно обеспечить эффективный поиск идей и необходимых для их реализации кадров, а также ускорить их инкорпорирование в программу “Наука и технологии” МО США, реализация целей которой возможна уже в ближайшей перспективе. По мнению представителей Гарвардской школы бизнеса, модель ДАРПА включает три важных элемента [24]. Во-первых, речь идёт об амбициозных целях, ориентированных либо на решение общемировых проблем (как в случае GPS), либо на создание новых военных возможностей (как в случае стелс-технологий). Такие проблемы не могут быть решены вне научных достижений, в то же время они сами становятся катализатором развития науки. Во-вторых, создаются временные проектные команды, объединяющие экспертов мирового уровня — представителей промышленности и академического сообщества — для совместной работы. Команды возглавляют опытные, высококвалифицированные технические менеджеры с исключительными лидерскими качествами. Интенсивность исследований в течение ограниченного времени, реальный вызов, перед лицом которого оказываются талантливые специалисты, обеспечивают заинтересованность в достижении поставленной цели, способствуют высокому уровню взаимодействия. В-третьих, благодаря тому, что ДАРПА обладает высокой автономностью в выборе и реализации проектов, обеспечивается независимость их участников, и это позволяет быстрее двигаться к цели, рисковать, привлекать к работе наиболее квалифицированных экспертов и исследователей.

Военные лаборатории. Военные лаборатории вносят существенный вклад в оперативные возможности вооружённых сил. В них осваивается до 25% ассигнований МО США. В отличие от ДАРПА степень автономности военных лабораторий значительно ниже, они выполняют работы по более жёстко сформулированному техническому заданию. В настоящее время разворачиваются серьёзные дискуссии по вопросу о путях усиления межвидовой кооперации в рамках МО США в системе планирования развития науки и техники. Признавая тот факт, что сегодня большинство

научных прорывов совершается в рамках междисциплинарных и многодисциплинарных исследований, министерство уделяет особое внимание сбалансированности системы военных НИОКР, рассматриваются возможности консолидации усилий разных видов вооружённых сил США по избранным технологическим областям.

Изучаются возможности повышения эффективности деятельности военных лабораторий как важной составляющей военной инновационной системы, в частности, путём расширения полномочий руководителей лабораторий (вплоть до передачи им прав по заключению соглашений о сотрудничестве с частными компаниями и академическими кругами для проведения совместных работ), упрощения процедуры заключения контрактов, привлечения и сохранения высококвалифицированных кадров учёных и инженеров.

Центры исследований и разработок, финансируемые из федерального бюджета (Federally funded R&D centers — FFRDCs), создавались прежде всего для обеспечения военного руководства квалифицированной экспертизой в области развития науки и технологий. Именно в рамках этих центров были разработаны широко используемые в настоящее время системный анализ, различные методы прогнозирования, концептуальные основы системы планирования, программирования, разработки бюджета и т.д.

Различают три типа таких исследовательских центров в рамках FFRDCs [25]. Первый — это лаборатории исследований и разработок²⁸, первой из которых в своё время стала лаборатория прикладной физики университета Джона Хопкинса²⁹. Второй тип — центры изучения и анализа³⁰, подобные корпорации RAND (известный мозговой центр США)³¹ или Институту военного анализа. Третий тип — бесприбыльные независимые организации, выполняющие системные инженеринговые и технические исследования³², спонсируемые каким-либо видом вооружённых сил.

По данным на начало третьего десятилетия XXI в., во второй половине 2010-х годов действовали девять спонсируемых МО США бесприбыльных FFRDCs, что составляет примерно 22% от общего количества FFRDCs [26]. FFRDCs способствуют правительственным организациям в проведении исследований и предоставлении экспертных оценок по определению стоимости—эффективности технологического развития, форми-

²⁸Research and development laboratory.

²⁹В настоящее время эта лаборатория не является FFRDCs, но продолжает работать на средства МО США.

³⁰Study and analysis center.

³¹Корпорация RAND не является в настоящее время FFRDCs, но выполняет работы в том числе и для МО США.

³²Systems engineering and integration center.

²⁷Federally funded R&D centers, FFRDCs.

рованию политики внедрения инноваций. FFRDCs играют важную роль в развитии инновационной деятельности и сохранении национальной технологической базы (через поощрение коммерческой деятельности, особенно в рамках правительственных НИОКР, содействие процессам передачи технологий), дополняя рыночный подход к инновационному развитию.

Кроме того, функционируют 15 бесприбыльных, управляемых университетами стратегических исследовательских центров — UARC³³, спонсируемых МО США [27], которые обладают ключевыми исследовательскими компетенциями, необходимыми для удовлетворения долгосрочных потребностей МО США. К ним относятся прежде всего: лаборатории прикладной физики университета Джона Хопкинса, Университета штата Пенсильвания, Вашингтонского и Техасского университетов, а также лаборатория космической динамики Университета штата Юта и Технологический исследовательский институт штата Джорджия. Как правило, UARCs МО США работают в университетах по долгосрочным правительственным контрактам (в рамках законодательства 10 U.S.C. 2304(c)(3)(B), осуществляя своего рода внутренний аутсорсинг со стороны МО США, и проводят исследования по всему спектру НИОКР Министерства обороны, охватывая все элементы шестой главной программы МО США [28].

Центры UARCs и FFRDCs получают около 5% ассигнований на НИОКР МО США. Сюда, однако, не входят ассигнования МО на НИОКР университетам, доля которых составляет от 10 до 13% соответствующих ежегодных суммарных ассигнований МО США. Максимальная часть средств, выделяемых на военные НИОКР, осваивается лабораториями частных корпораций. Расширяются формы государственно-частного взаимодействия при использовании венчурного капитала.

Хороший пример — история капитализации компании IRobotics [29, p. 32]. Созданная в 1990 г. и первоначально финансировавшаяся организацией ДАРПА, компания уже с 1998 г. начала привлекать частный капитал (три крупных вливания общим объёмом до 30 млн долл. за 1998–2003 гг.) увеличивая численность занятых и доход до более, чем 300 млн долл. в год.

Агентство In-Q-Tel (IQT). В конце 1990-х годов усиление ориентации американского военно-промышленного комплекса на информационные технологии стимулировало федеральное правительство США на поиск сильных партнёров среди невоенных компаний. В 1999 г. Центральным разведывательным управлением (ЦРУ) была создана In-Q-Tel (IQT). Не являясь официально

агентством министерства обороны, эта структура стала важной частью созданной правительством США широкой системы разработки инноваций для обороны и безопасности.

Инновационная роль IQT заключается в том, что агентство выступает в качестве соинвестора частных венчурных компаний, вместе с которыми находит и финансирует компании (в том числе стартапы), разрабатывающие передовые технологии. Помимо предоставления финансов, IQT также сотрудничает со многими из них, осуществляя индивидуальную доработку их коммерческих решений в интересах ЦРУ и более широкого круга разведывательных органов США. Используя в качестве инструмента инвестиции, IQT продвигает инновации в новейшие связанные с обороной и разведкой технологии, что способствует поддержанию стратегического преимущества США. IQT является некоммерческим государственным агентством. Поэтому его миссия заключается не в получении прибыли (хотя инвестиции могут приносить доход, который используется для последующих разработок), а в идентификации новых технологий и их быстром внедрении в разведку и другие оборонных ведомства.

Интересы IQT распространяются на самые разные технологические области. В настоящее время три основные из них — аналитика, программное обеспечение (в том числе корпоративное программное обеспечение) и кибербезопасность. Относительно недавно IQT создала специализированные лаборатории для изучения новых технологических областей, включая передовые средства анализа данных, кибербезопасность и биотехнологии. Вместо инвестиций в существующие предприятия IQT в сотрудничестве с партнёрами старается изучать новые концепции и подходы.

В начале нового десятилетия XXI в. в целях адаптации к меняющемуся технологическому ландшафту МО США “предполагает проводить трёхуровневую стратегию инвестирования” [30, p. 5]. Во-первых, приоритет должен отдаваться цифровым технологиям, развивающимся экспоненциально. Речь идёт о технологиях, которые уже в ближайшие годы могут привести к серьёзной трансформации приёмов ведения войны: киберсистемах, радиоэлектронной борьбе, сенсорах, анализе больших данных, искусственном интеллекте, роботизированных платформах и т.п. Во-вторых, как предполагается, инвестировать следует в ключевые специфические военные технологии, которые уже сегодня имеют очевидную операционную ценность, но не обладают коммерческим потенциалом. К таким технологиям можно отнести, например, высокоэнергетические лазеры, гиперзвуковые системы и т.д. В-третьих, считается нужным обеспечить страхование

³³ University administrated research centers, UARC.

рисков, связанных с военно-технологическими прорывами в новых областях, возникновение которых обусловлено сменой научных парадигм. К ним относят квантовые технологии, взаимосвязь человека и машины (brain-computer interfaces), искусственный интеллект и др.

ВАЖНЕЙШИЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ИНИЦИАТИВЫ В СФЕРЕ ОБОРОНЫ

С конца 2014 г. в США началась активная подготовка к реализации очередного инновационного прорыва³⁴. Стержнем этого процесса стала Оборонная инновационная инициатива³⁵, которая и сегодня — важнейший приоритет военно-инновационной деятельности [31]. Её цель — ускорение передовых технологических разработок и использование других ресурсов (например, коммерческих или союзнических) для решения ключевых проблем военно-технологической деятельности, например, в области кибербезопасности [32].

Ключевым элементом американской оборонной инновационной инициативы является долгосрочная программа НИОКР³⁶ (LRRDP), в рамках которой разрабатывается следующее поколение военных технологий, призванных поддерживать военно-технологическое превосходство США. Программа LRRDP выстроена по образцу аналогичной программы конца 1970-х годов, когда были предприняты уникальные меры по реализации первого инновационного прорыва. Усилия фокусировались на наиболее выигрышных инвестициях в зарождающиеся прорывные разрушительные технологии. По мнению американских экспертов, данный подход позволяет очертить инвестиционный тренд и определить траекторию и направленность конкуренции за технологическое и военно-техническое превосходство на долгосрочную перспективу.

В основе реализации в США инновационно-технологических военно-ориентированных прорывов лежат два стратегически важных фактора: последовательные и крупные вложения в исследования и разработки, с одной стороны, и кардинальные изменения во взаимодействии военного и гражданского секторов экономики, включая коммерческую сферу, — с другой. Следует напомнить, что в 2022 г. ассигнования на НИОКР до-

стигли 112 млрд долл. (рост более чем на 47% в сравнении с 2017 г.).

Подразделение оборонных инноваций. В ходе инновационно-цифрового прорыва наблюдается тенденция к выстраиванию новой модели взаимодействия государственных организаций и бизнеса. Так, в рамках Оборонной инновационной инициативы (DII) в 2015 г. в дополнение к существующей системе оборонных научно-технических агентств Министерства обороны было создано Экспериментальное подразделение оборонных инноваций³⁷, ориентированное на быстрое внедрение новых технологических решений [33]. С августа 2017 г. подразделение потеряло приставку “экспериментальное” и теперь носит название Подразделение оборонных инноваций (DIU). Задуманное как технологический форпост в системе оборонных НИОКР, оно было скептически воспринято другими подразделениями ВПК, но оказалось довольно успешным.

Подразделение DIU подчиняется аппарату заместителя министра обороны по исследованиям и проектно-конструкторским разработкам (USD(A&E)). Оно занимается инновациями на поздних стадиях их подготовки, проверкой концепций и быстрой коммерциализацией продуктов. Критические сферы интересов DIU охватывают широкий круг направлений — от автономных систем и искусственного интеллекта до таких тем, как человеческие системы (human systems), компьютерные и космические технологии.

Подразделение оборонных инноваций работает с компаниями, которые обычно не сотрудничают с военными, быстро заключая контракты на поставку решений, которые можно эффективно адаптировать под военные потребности. DIU предоставляет капитал в обмен на коммерческие продукты, которые решают задачи в сфере национальной обороны. Очевидные преимущества этой структуры связаны с тем, что ей не приходится финансировать научные исследования, поскольку компании-контрагенты уже провели их на свои средства, не нужно оплачивать расходы на закупку и поддержку инноваций, поскольку их оплачивает тот род войск, который принимает конкретный продукт на вооружение. DIU содействует заключению пилотных контрактов, не связанных обычными федеральными правилами закупок, между частными компаниями и подразделениями Министерства обороны. По завершении успешного пилотного проекта любое заинтересованное подразделение Министерства обороны имеет возможность закупить экспериментальное решение у единственного поставщика, то есть на неконкурентной основе.

Что касается финансирования, то на 2021 финансовый год DIU было выделено более 92 млн долл.,

³⁴Первоначально эта инициатива реализовывалась в рамках выдвинутой военным ведомством США в 2014 г. Третьей американской стратегии компенсации, ориентированной прежде всего на упрочение военно-технического превосходства и на достижение глобального лидерства. Это второй инновационный прорыв, объявленный США. Первый инновационный прорыв был достаточно успешно осуществлён в последние два десятилетия XX в. в рамках второй стратегии компенсации (offset strategies).

³⁵Defense innovation initiative, DII.

³⁶Long range research and development plan, LRRDP.

³⁷Defense innovation unit — experimental, DIUx.

включая 26.1 млн долл. [34] для трёх региональных технологических центров (Кремниевая долина, Бостон и Остин) с целью заключения контрактов с университетами и компаниями, ориентированными на инновации, которые традиционно не сотрудничают с МО, а также 66.9 млн долл. (что на 27.5 млн долл. больше запроса DIU) для финансирования совместных программ [35].

Совет по оборонным инновациям. С целью стимулирования процесса разработки и внедрения новых технологий в 2016 г. был создан новый консультативный орган — Совет по оборонным инновациям³⁸, исполнительным председателем которого стал Эрик Шмидт (ранее работавший в Google/Alphabet). Избегая распространённой практики привлекать для управления такими структурами представителей военно-промышленных компаний, министр Э. Картер намеренно привлёк к работе в интересах МО новых заинтересованных лиц, более компетентных в современных цифровых технологиях и гибких методах работы. Совет был основан с целью получения независимых рекомендаций для ответа на возникающие вызовы и ускорения внедрения инноваций в культуру, технологии, организационные структуры, процессы и функции Министерства обороны США [36].

Не являясь в строгом смысле агентством, Совет DIB работает в тесном взаимодействии с новыми официальными агентствами, и это сотрудничество направлено на ускорение продвижения оборонных инноваций по таким ключевым направлениям, как искусственный интеллект, программное обеспечение, большие данные, цифровая модернизация и человеческий капитал. В течение 2016 г. члены совета совершили множество поездок с целью общения непосредственно с военнослужащими, участвующими в военных операциях, для совершенствования используемых технологий на всех театрах военных действий.

Управление стратегических потенциалов (Strategic Capabilities Office — SCO) было создано в 2012 г. тогдашним первым заместителем министра обороны Э. Картером. Управление занимается инновациями на поздней стадии, взаимодействуя со службами, лабораториями и агентствами Министерства обороны с целью поиска нового тактического применения существующих (либо находящихся на высоком уровне технической готовности) военных технологий и систем вооружений. Министерство обороны рассматривает это управление как инструмент, позволяющий сохранять технологическую гибкость. SCO возглавляло разработку самолёта-арсенала³⁹, новой си-

стемы для поражения надводных и наземных целей на основе зенитной ракеты SM-6, а также “ройных” беспилотников на море и в воздухе. В настоящее время примерно треть проектов SCO так или иначе связана с автономными системами, машинным обучением или искусственным интеллектом. В качестве примеров использования ИИ для содействия видам вооружённых сил в ближайшем будущем руководство управления приводит две программы: Paladium — это логистическая программа ВМФ, которая включает в себя “умную” поддержку для истребителей четвёртого поколения; подпроект этой программы — JARVIS — предполагает поставку комплекта робототехники с обслуживающими специалистами к месту боевых действий, что позволяет сканировать существующие детали и быстро их воспроизводить.

Первоначально Управление подчинялось непосредственно министру обороны. Однако с введением в 2018 г. должности замминистра по исследованиям и проектно-конструкторским работам перешло в его подчинение. Это породило споры об утрате управлением определённой свободы действий, способствовавшей скорости и гибкости инноваций. В результате в соответствии с Национальным законом в сфере обороны 2020 г. Управление стратегических потенциалов было передано в подчинение первому замминистра обороны.

Комиссия по национальной безопасности в сфере искусственного интеллекта (National Security Commission on Artificial Intelligence — NSCAI), созданная в соответствии с NDAA-2019 (завершившая свою работу в октябре 2021 г. в рамках NDAA-2020) [37] представляла собой специализированную структуру, независимое учреждение в подчинении федерального правительства. Её задача — поиск решения конкретных задач в сфере развития технологий ИИ. Руководство комиссией осуществляли Эрик Шмидт (в настоящее время — технический советник в Google/Alphabet) и Роберт Уорк (бывший заместитель министра обороны, один из авторов Третьей стратегии компенсации⁴⁰). Главным продуктом деятельности NSCAI стал доклад “О том,

³⁸Defense innovation board, DIB

³⁹Самолёт-платформа способен нести большое количество крылатых ракет или беспилотных летательных аппаратов. Информация о новой НИР в интересах ВВС была опубликована ДАРПА 25 июня 2020 г.

⁴⁰Стратегия Третьего офсета (Third Offset) по компенсации преимуществ потенциальных противников в сфере высоких технологий. Офсетная стратегия — стратегия, предусматривающая использование новейших технологий и передовых методов управления для достижения преимущества над стратегическим оппонентом/противником. Первый офсет относится к 1950-м годам, когда США ставили цель достичь превосходства над Советским Союзом в ядерной сфере (речь президента Дуайта Эйзенхауэра “Новый взгляд” в 1954 г.), второй офсет — к концу 1970-х годов, когда Вашингтон намеревался достичь превосходства над СССР в сфере конвенциональных вооружений (высокоточное оружие, стелс-технологии и т.д.). В каждом из трёх офсетов — трёх стратегий компенсации — ставились задачи наращивания военно-технических и стратегических возможностей и преимуществ США.

как победить в эру искусственного интеллекта”. Не останавливаясь подробно на его содержании, отметим два важных момента: крайне расширительное толкование понятия “национальная безопасность”, его перенос практически на все сферы жизнедеятельности (и, соответственно, акцент на ключевую роль ИИ в их изменении), а также своего рода дихотомию — стремление одновременно соблюсти интересы национальной безопасности и обеспечить “моральное” лидерство в сфере технологий (открытость, защита общечеловеческих ценностей и т.п.).

Практически параллельно с Комиссией по национальной безопасности в сфере искусственного интеллекта в Министерстве обороны был образован Единый центр искусственного интеллекта (Joint Artificial Intelligence Center — JAIC), ключевая задача которого — интеграция усилий американского оборонного ведомства в сфере ИИ, а также формирование соответствующего кадрового потенциала. Ключевым инструментом для этого обозначена облачная платформа Joint Common Foundation (JCF), созданная для ускорения проектирования, разработки, тестирования, развёртывания и поддержки решений в области ИИ в рамках Министерства обороны.

Существенным вкладом в развитие технологий искусственного интеллекта можно считать проект Министерства обороны “Maven” (дословно “знаток”), ранее известный как кроссфункциональная группа алгоритмического военного дела⁴¹. В рамках данного проекта, в реализации которого одну из ключевых ролей сыграло Подразделение оборонных инноваций (DIU), предполагаются разработка и внедрение систем машинного обучения и компьютерного зрения для автоматизированного анализа и каталогизации разведывательной информации, получаемой со спутников, разведывательных самолётов, БПЛА и иных источников, в том числе касающейся распознавания лиц. Последний элемент вызывает особую озабоченность, так как напрямую связан с возможностью автономного (без участия оператора) поражения целей после сопоставления данных с датчиков с ранее подготовленным каталогом.

* * *

Как отмечалось в Национальной оборонной стратегии США 2018 (NDS 2018), партнёрство с коммерческим сектором приобретает сейчас критически значимый характер. Если ранее военные обращались к промышленности с задачей создания технологии, отвечающей определённым требованиям, то в настоящее время всё чаще возникает необходимость адаптировать существующие коммерческие технологии к военным потребно-

стям. Сохранение преимущества американского военного ведомства на мировом технологическом ландшафте в этих условиях требует изменений в культуре и военного ведомства, и промышленных кругов, а также в источниках финансирования проектов. Как отмечают зарубежные эксперты, необходимы коррективы в обеспечении защиты национальной инновационной базы в области безопасности [38]. Не решённой проблемой концептуального разворота военно-инновационной деятельности остаётся создание условий, в рамках которых коммерческие компании начнут воспринимать военное ведомство как заказчика [39].

Обновлённая администрацией Байдена Национальная оборонная стратегия США 2022 г. во многом демонстрирует преемственность с аналогичным документом администрации Трампа, в частности в том, что касается приоритетов технологического развития. Отмечается необходимость преодоления институциональных препятствий для проведения совместных НИОКР, планирования, операционной совместимости, обмена информацией и разведанными, экспорта ключевых элементов военного потенциала. Кроме того, подчёркивается повышенное внимание к прорывным технологиям и экспериментальным решениям, обеспечивающим закрепление значительного технологического преимущества при активном участии союзников.

Несмотря на наличие ряда отмеченных выше проблем в сфере организации и управления НИОКР в США, в целом существующая система обладает способностью к совершенствованию, позволяя достигать убедительных результатов в развитии научных исследований и опытно-конструкторских разработок, в том числе военно-ориентированного характера. Американский опыт организации НИОКР, безусловно, представляет интерес для нашей страны. Заслуживает внимания тот факт, что подход к решению новых критически важных задач не отвергает прежних организационно-управленческих структур, зачастую положительные особенности предыдущих десятилетий прямо используются в современных условиях, наряду с новыми формами и инструментами. Заимствование прошлого положительного опыта способствует, на наш взгляд, устойчивости развития научно-исследовательской сферы.

Следует обратить внимание на усиление внимания в США к организации и управлению работами по новым видам вооружения, в частности, гиперзвуковому оружию; на рост заинтересованности американского разведсообщества к новым организационным структурам в сфере НИОКР; на практику отслеживания результативности НИОКР (система ППБИ); на стремление обеспечить повышение эффективности коммерциализации новейших технологий, что, даже по мне-

⁴¹ Algorithmic warfare cross-functional team, AWCFT.

нию американских экспертов, пока удаётся не всегда. Следует отметить достаточно активную роль государства в развитии и совершенствовании системы организации и управления военно-ориентированными НИОКР, проработку стратегий развития во взаимосвязи, с одной стороны, с возможностями ресурсного обеспечения соответствующей деятельности, с другой — с целью достижения лидерства в военно-ориентированных НИОКР.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Department of Defense Research, Development, Test, and Evaluation (RDT&E): Appropriations Structure // Congressional Research Services. 2020. Oct. 7. <https://fas.org/sqp/crs/natsec/R44711.pdf>
2. Department of Defense Releases the President's Fiscal Year 2024 Defense Budget // US Department of Defense. 2023. March. 13. <https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/3326875/department-of-defense-releases-the-presidents-fiscal-year-2024-defense-budget/>
3. DOD Seeks Increased Microelectronics Funding for FY 2024 // US Department of Defense. 2023. April 18. <https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/3367040/dod-seeks-increased-microelectronics-funding-for-fy-2024/>
4. Perez L. DoD FY2024 Budget Request Boosts Funds for JADC2, R&D, Cyber // Mar 16, 2023. <https://www.meritalk.com/articles/dod-fy2024-budget-request-boosts-funds-for-jadc2-rd-cyber/>
5. Zimet E., Armstrong R.E., Daniel D.C., Mait J.N. Technology, Transformation, and New Operational Concepts // Defense Horizons. 2003. № 31. P. 1. <https://permanent.fdlp.gov/websites/nduedu/www.ndu.edu/inss/DefHor/dh31/dh31.pdf>
6. DoD Directive 5137.02 // FAS. 2020. Jul. 15. https://irp.fas.org/doddir/dod/d5137_02.pdf (accessed 30.06.2023).
7. Defense Primer: Under Secretary of Defense for Research and Engineering // Congressional Research Services. 2021. January 5. <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF10834>
8. S. Rept. 114—255. National Defense Authorization Act for Fiscal Year 2017 Report // CONGRESS.GOV. 2016. May 18. <https://www.congress.gov/congressional-report/114th-congress/senate-report/255/1>
9. The Global Research and Development Landscape and Implication for the Department of Defense. Congressional Research Service. June 28, 2021. P. 17—18. <https://sgp.fas.org/crs/natsec/R45403.pdf>
10. Катасонов Ю.В. США: военное программирование. М.: Наука, 1972.
11. Shevin-Coetzee M. Reforming the Pentagon's Budgeting Process // Center for a New American Security. 2016. Febr. 08. <https://www.cnas.org/reforming-the-pentagons-budgeting-process>
12. DoD Directive 7045.14 // FAS. 2013. January 23. Upd.: 2017. Aug. 29. https://irp.fas.org/doddir/dod/d7045_14.pdf
13. PPBE Process Overview // AcqNotes. 2021. Febr. 8. <https://acqnotes.com/acqnote/acquisitions/ppbe-overview>
14. Pub.L. 104-201. National Defense Authorization Act for Fiscal Year 1997 // CONGRESS.GOV. 1996. Sept. 23. <https://www.congress.gov/104/plaws/publ201/PLAW-104publ201.pdf>
15. Section 941. Pub.L. 114-328. National Defense Authorization Act for Fiscal Year 2017 // CONGRESS.GOV. 2016. Dec. 23. <https://www.congress.gov/114/plaws/publ328/PLAW-114publ328.pdf>
16. Summary of the 2018 National Defense Strategy of the United States of America. Sharpening the American Military's Competitive Edge // US Dept of Defense. 2018. <https://dod.defense.gov/Portals/1/Documents/pubs/2018-National-Defense-Strategy-Summary.pdf>
17. Lange K. What is the National Defense Strategy? // US Dept of Defense. 2018. Oct. 8. <https://www.defense.gov/News/Feature-Stories/Story/article/1656414/what-is-the-national-defense-strategy/>
18. Defense Primer: Future Years Defense Program (FYDP) // Congressional Research Services. 2020. Dec. 14. <https://sgp.fas.org/crs/natsec/IF10831.pdf>
19. Mazarr M.J., Katharina L.B., Burgess L. et al. The U.S. Department of Defense's Planning Process: Components and Challenges / Santa Monica, CA: RAND Corporation. 2019. <https://doi.org/10.7249/RR2173.2>
20. Whitley J., Pegic G. Senate commission to fix Defense budgeting is right on the mark // Warontherocks. 2021. Sept. 24. <https://warontherocks.com/2021/09/senate-commission-to-fix-defense-budgeting-is-right-on-the-mark/>
21. Scharre P., Riikonen A. Defense Technology Strategy // Center for a New American Security. 2020. Nov. 17. <https://www.cnas.org/publications/reports/defense-technology-strategy>
22. The Global Research and Development Landscape and Implications for the Department of Defense // Congressional Research Services. 2018. Nov. 8. <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R45403/1>
23. Gholz E., Sapolsky H.V. The defense innovation machine: Why the U.S. will remain on the cutting edge // Journal of Strategic Studies. 2021. Jun. 24. P. 9. <https://doi.org/10.1080/01402390.2021.1917392>
24. Панкова Л.В. Инновационная составляющая военной экономики США. М.: ИМЭМО РАН, 2006.
25. Federally Funded R&D Centers (FFRDCs): Background and Issues for Congress. Updated April 3, 2020. <https://www.crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R44629/6>

26. Master Government List of Federally Funded R&D Centers // National Science Foundation. February 2023. <https://www.nsf.gov/statistics/ffrdclist/>
27. Steinbock D. The Challenges for America's Defense Innovation. Washington, D.C., The Information Technology and Innovation Foundation. November 2014. P. 12–13. <http://www2.itif.org/2014-defense-rd.pdf>
28. Engagement Guide, Department of Defense, University Affiliated Research Centers (UARC). Defense Laboratories Office. April 2013. P. 4. http://www.acq.osd.mil/chieftechologist/publications/docs/20130426_UARC_EngagementGuide.pdf
29. Innovation in Aerospace and Defense. Charles River Associates (CRA). February 2010. P. 32.
30. Scharre P., Riikonen A. Defense Technology Strategy // Center for a New American Security. 2020. Nov. 17. <https://www.cnas.org/publications/reports/defense-technology-strategy>
31. Cronk T.M. DOD's Innovation Initiative Remains Top Priority, Mattis says // US Dept of Defense. 2017. Aug. 10. <https://www.defense.gov/News/Article/1275181/dods-innovation-initiative-remains-top-priority-mattis-says>
32. Pomerleau M. Carter details DOD's innovation plan // Government Cloud Insider. <https://defensesystems.com/articles/2015/05/06/carter-dod-innovation-plans-congress.aspx>
33. Defense Innovation Unit. <https://www.diu.mil/about>
34. Department of Defense Fiscal Year (FY) 2021. Budget Estimates // US Department of Defense. 2020. February. https://comptroller.defense.gov/Portals/45/Documents/defbudget/fy2021/budget_justification/pdfs/03_RDT_and_E/RDTE_Vol3_OSD_RDTE_PB21_Justification_Book.pdf
35. Eversden A. Space programs boost Defense Innovation Unit budget // C4ISRNET. 2020. Dec. 24. <https://www.c4isrnet.com/battlefield-tech/it-networks/2020/12/24/space-programs-boost-defense-innovation-unit-budget/>
36. Charter. Defense Innovation Board // US Department of Defense. 2020. Apr. 15. [https://innovation.defense.gov/Portals/63/documents/Charter%20Docs/2020.09.08_Charter%20\(2020-2022\)_\(2020_04_15\).pdf?ver=2020-09-08-143650-927](https://innovation.defense.gov/Portals/63/documents/Charter%20Docs/2020.09.08_Charter%20(2020-2022)_(2020_04_15).pdf?ver=2020-09-08-143650-927)
37. The National Security Commission on Artificial Intelligence // NSCAI. 2021. Oct. 5. <https://cybercemetery.unt.edu/nscai/20211005220330/https://www.nscai.gov/>
38. Harper J. New National Defense Strategy Prioritizes High-Tech Equipment, Acquisition Reforms // National DEFENSE. 2018. January 19. <https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2021/5/28/pentagon-requesting-boost-in-rd-funding-to-compete-with-china>
39. Hummel R.H., Wurster K.S. Department of Defense's Innovation Experiment // STEPS (Science, Technology, Engineering, and Policy Studies). 2016. June 30. <https://www.potomac institute.org/steps/featured-articles/83-department-of-defense-s-in>

THE MILITARY-ORIENTED R&D ORGANIZATION AND MANAGEMENT SYSTEM IN THE UNITED STATES

L. V. Pankova^{1, #}, O. V. Gusarova^{1, ##}, and D. V. Stefanovich^{1, ###}

¹*Primakov National Research Institute of World Economy and International Relations, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

[#]*E-mail: lpankova@imemo.ru*

^{##}*E-mail: olgusarova@imemo.ru*

^{###}*E-mail: stefanovich@imemo.ru*

The article is devoted to the issues of defense R&D management in the USA as one of the global leaders in innovation and digital development. The authors aim to deepen the understanding of the organizational and managerial component of the defense R&D domain both conceptually and in terms of its general structure, planning and regulation under the dynamic scientific and technological transformations. The authors note the active tendency to improve the model of interaction between government organizations and business and highlight the most significant innovative organizational and management initiatives in the defense R&D domain, as well as the main factors and tools of their implementation.

Keywords: USA, military-oriented R&D, technologies, innovations, innovation activities, competition, digitalization, national and international security.

ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ЭНЦИКЛОПЕДИИ: ТРУДНАЯ ДОРОГА В ОНЛАЙН

© 2023 г. М. М. Горбунов-Посадов^{а,*}

^аИнститут прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия

*E-mail: gorbunov@keldysh.ru

Поступила в редакцию 27.07.2023 г.

После доработки 09.08.2023 г.

Принята к публикации 17.08.2023 г.

В настоящее время во всём мире основным источником энциклопедического знания стали онлайн-новые энциклопедии. Россия несколько отстаёт от ведущих стран в этой сфере. Русскоязычная “Википедия” долгое время развивалась более-менее вровень с соседями. Однако недавно там, к сожалению, начали появляться статьи антироссийского толка, из-за чего группе вики-редакторов пришлось дистанцироваться от “Википедии” и инициировать создание независимой от неё новой энциклопедии – “Руниверсалис”. Пока ещё скромные результаты показывает запоздало перебирающаяся в Интернет “Большая российская энциклопедия”. Автор статьи предлагает определённые решения, призванные интенсифицировать реорганизацию онлайн-энциклопедий и обеспечить дополнительный уровень комфорта для читателя. Сделан акцент на необходимости постоянной оперативной актуализации размещённых в сети статей и роли Российской академии наук в создании энциклопедий.

Ключевые слова: “Википедия”, “Руниверсалис”, “Большая российская энциклопедия”, Российская академия наук, онлайн-публикация, статистика посещений.

DOI: 10.31857/S086958732311004X, **EDN:** COKGZM

В это трудно поверить, но в начале 2000-х годов, несмотря на 10 лет стремительного распространения Интернета, ещё не существовало ни одной онлайн-энциклопедии. Однако сейчас, спустя более 20 лет, они повсюду, их счёт давно идёт на сотни [1]. Уже трудно встретить человека, обращающегося за фундаментальной информацией к бумажному изданию, а не в Интернет. Выпуск практически всех печатных энциклопедий, по сути, завершён, и его сколько-либо массового возобновления в обозримом будущем не ожидается.

Знаменитые энциклопедии Д. Дидро, Ф.А. Брокгауза и И.А. Ефрона, три издания “Большой со-

ветской энциклопедии” выходили в свет по 10–20 лет. В те времена подобные сроки мало кого смущали, но сейчас, когда за 10 лет успевают так или иначе устареть до половины всех статей, это становится неприемлемым. Не выдержала конкуренции с “живым” онлайн-ресурсом и вынуждена была перебраться в Интернет даже Британская энциклопедия (britannica.com), у которой цикл переиздания в последнее время составлял всего один-два года.

В онлайн-энциклопедии отношения с авторами приобретают динамику, о которой ранее нельзя было и мечтать. Ещё 20 лет назад автор, получивший новый результат и публикующий его в научном журнале, не задумывался об отражении этого результата в энциклопедии. Даже при самом благоприятном стечении обстоятельств на это ушли бы годы. Теперь же ведущим учёным, по-видимому, имеет смысл систематически следить за эволюцией статей энциклопедии, относящихся к их компетенции. В частности, выпуская в свет очередную публикацию, полезно всякий раз задуматься, не надо ли поместить ссылку на неё в какие-либо статьи онлайн-энциклопедии. Или, быть может, в публикации выдвигаются новые важные положения или понятия, заслужива-



ГОРБУНОВ-ПОСАДОВ Михаил Михайлович – доктор физико-математических наук, заведующий отделом информационных технологий ИПМ РАН.

ющие новых самостоятельных статей. Ведь если энциклопедия функционирует онлайн, долгие годы ожидания сжимаются, например в случае “Википедии” (wikipedia.org), до нескольких секунд. В то же время скорость обновления информации в “Википедии” имеет и оборотную сторону: статьи там не рецензируются, не проходят предварительную экспертную оценку, впоследствии они могут редактироваться кем угодно, внесённые изменения сразу же становятся доступными для всех читателей. Поэтому “Википедия” честно заявляет, что не гарантирует истинности своего содержания.

Принципиально иначе организовано размещение статей в онлайн-версии “Большой российской энциклопедии” (БРЭ). Авторами здесь выступают только специалисты, отобранные руководящими органами БРЭ. Кроме того, перед размещением все статьи проходят через руки рецензентов, редакторов, корректоров и т.д. Таким образом, достигается существенно более высокий уровень достоверности и качества материалов. Однако и по объёму словника, и по целому ряду важных технических показателей БРЭ пока ещё значительно отстаёт, поэтому подавляющее большинство онлайн-читателей отдаёт предпочтение “Википедии”.

“Википедия” и её аналоги. В сложившейся ситуации взор российского автора, задумавшегося о включении своего материала в энциклопедию, в первую очередь обращается к “Википедии”. К сожалению, эта популярнейшая платформа с большой неохотой принимает материалы от специалистов. Самое страшное проклятье, которое руководящие органы “Википедии” насылают, блокируя тексты, пришедшие от автора-профессионала в своей области, — ОРИСС, то есть оригинальное исследование [2]. Википедист вправе только пересказывать содержание опубликованных авторитетных источников, не изменяя их сути и не добавляя информации от себя. Чтобы успешно стать автором “Википедии”, вам скорее всего нужно оказаться дилетантом или же притвориться им.

Качество текста и частота обновлений статей “Википедии” нередко оставляют желать лучшего. Вдумчивого читателя раздражает отсутствие подписей под статьями: “Кто писал — не знаю, а я, дурак, читаю”. Не радует и соседство статей, посвящённых бесчисленным сиюминутным пустякам и/или написанных в стилистике комикса. Тем не менее игнорировать “Википедию” нельзя: её успех неоспорим, а аудитория огромна. Поисковики при ответах на множество запросов, как правило, отводят “Википедии” первую строку. Однако пользователь “Википедии”, конечно же, хотел бы иметь наряду с ней добротный источник информации, по качеству не уступающий былой “Большой советской энциклопедии”.

“Русская Википедия” (ru.wikipedia.org) — один из проектов американского фонда “Викимедиа” (Wikimedia Foundation [3]), поддерживающего “Википедии” на многих языках [4]. Первой же стала англоязычная “Википедия” (en.wikipedia.org), которая по сей день занимает лидирующие позиции: 6.7 млн статей, 4.5 млрд посещений в месяц. Её опыт свидетельствует [5] о том, что в подобных самоорганизующихся конструкциях со временем формируется сплочённое консервативное административное ядро, которое начинает жёстко пресекать появление материалов, предлагающих альтернативные (то есть отличные от “единственно верной”) точки зрения.

Подобная история, к сожалению, случилась и с русскоязычной “Википедией”, где некоторые ключевые позиции в какой-то момент захватили русофобы. В 2022 г. Роскомнадзор констатировал, что “в опубликованных на ресурсе статьях продвигается исключительно антироссийская интерпретация событий” [6]. Роскомнадзор раз за разом требует удаления “провинившихся” статей, суды выписывают в адрес энциклопедии миллионные штрафы, но “Википедии” как с гуся вода: статьи не удаляются, штрафы не оплачиваются [7]. Значительную часть ядра сообщества русскоязычной “Википедии” составляют люди, находящиеся сейчас за пределами России, для которых исполнение решений Роскомнадзора не обязательно. Тем не менее её полная блокировка в нашей стране пока не планируется. Правда, в результатах поиска “Яндекса”, где “Википедия” продолжает занимать лидирующие позиции, к найденной ссылке на статью начало добавляться предупреждение от Роскомнадзора: “РКН: сайт нарушает закон РФ”. Однако это, скорее, лишь добавляет энциклопедии привлекательности запретного плода.

В 2022 г. в ответ на антироссийский крен ядра “Википедии” группа вики-редакторов решила [8] выйти из-под контроля фонда “Викимедиа” и дать русскоязычной аудитории доступ к знаниям без фейков и западной пропаганды. В созданную ими энциклопедию “Руниверсалис” (руни.рф) был перенесён отфильтрованный основной массив статей прежней “Википедии”, после чего словник начал интенсивно пополняться. По состоянию на середину 2023 г. в “Руниверсалисе” работало уже свыше 200 человек и было размещено 2 млн статей, то есть несколько больше, чем в соседствующей “Википедии”. Если на первых порах “Википедия” упрекала “Руниверсалис” в заимствовании статей, то сейчас, напротив, часто сама заимствует их [9]. “Руниверсалис” понемногу завоёвывает позиции и в результатах поисковиков, хотя в силу инерции первые строчки там, вероятно, ещё достаточно долго будут доставаться “Википедии”.

Несколько подобных “Руниверсалису” аналогов “Википедии” вне фонда “Викимедиа” сосуществуют и в Китае. По объёму они превзошли “Википедию” на порядок: у основной (поддерживаемой “Викимедиа”) китайской “Википедии” лишь 1.5 млн статей, в то время как каждый из двух её аналогов на китайском языке имел в 2023 г. уже порядка 25 млн статей. Отметим заслуживающую уважения и подражания оперативность размещения информации на этих китайских сайтах: например, подробная статья, посвящённая попытке мятежа ЧВК “Вагнер” 24 июня 2023 г., появилась в общедоступной энциклопедии “Байду” (Baidu Baike, или Baidu Wiki [10]) буквально на следующий день.

Именно оперативное пополнение и обновление отличают наиболее успешные современные онлайн-энциклопедии. Живая энциклопедия [11] — по сути, процесс, ей абсолютно противопоказано разрезание красных ленточек типа “Осенью 2024 г. электронная энциклопедия должна выйти в большую жизнь”. Отмечать здесь в первую очередь можно и нужно достижение масштабных ключевых численных показателей популярности и актуальности: скажем, свыше миллиарда посещений ресурса в месяц или более миллиона обновлений размещённых статей в год.

“Большая российская энциклопедия”. В 2002 г. Президент РФ В.В. Путин подписал Указ “Об издании Большой российской энциклопедии” [12]. Председателем научно-редакционного совета был назначен президент РАН академик Ю.С. Осипов. Через 15 лет, в конце 2017 г., печатное издание было завершено: выпущено 35 томов, объединивших более 80 тыс. статей. Тираж БРЭ постепенно сокращался: первые тома — 60 тыс. экземпляров, последние — уже около 20 тыс. Уменьшение тиража отчасти объяснялось не раз высказывавшимся намерением разместить БРЭ в Интернете в открытом доступе, что было запланировано в федеральной целевой программе “Информационное общество” (под названием «Портал “Знание”»). Однако ответственным за портал по необъяснимым причинам назначили Минкомсвязи России, для которого энциклопедия, мягко говоря, выходит за пределы сферы привычных интересов. И действительно, хотя первое появление энциклопедического портала, согласно программе, планировалось на конец 2011 г., в конце 2012 г. выяснилось, что министерство не собирается финансировать проект, а перехватившее в тот момент инициативу издательство “Большая российская энциклопедия” намеревается сделать доступ к portalу платным. Но и эти планы реализованы не были.

Отсутствие энциклопедии в открытом доступе с каждым годом становилось всё более вопиющей нелепостью. В конце концов сложившейся ситуа-

цией заинтересовалось Правительство РФ. В апреле 2016 г. при поддержке Министерства культуры РФ долгожданный проект стартовал и далее успешно завершился: благодаря ему на сайте old.bigenc.ru сейчас выложены все 80 тыс. статей печатной версии. Польза размещения материалов в сети несомненна. В 2023 г. ежемесячно фиксируется около 400 тыс. обращений к сайту old.bigenc.ru. В то же время практически сразу стала заметна некоторая ущербность проекта. Механическое перенесение в онлайн печатного издания выглядело архаичным, вызываясь не рациональным. Стало очевидным, что если бы авторы статей изначально ориентировались на представление материала в Интернете, статьи получились бы заметно богаче за счёт регулярного использования гиперссылок, а также включения мультимедийных иллюстраций, онлайн-вычислений, обращений к базам данных и т.д. Поэтому началась подготовка к реализации нового проекта БРЭ, где статьи будут полностью подчинены специфике онлайн.

В 2016 г. по распоряжению Правительства РФ [13] образована межведомственная рабочая группа по вопросам создания электронной версии БРЭ. Однако состав этой группы, к сожалению, выглядел как-то неубедительно. Тут надо вспомнить, что, согласно вышеупомянутому Указу Президента РФ от 2002 г., в своё время научное руководство выпуском “Большой российской энциклопедии” было возложено на Российскую академию наук. В 2013 г. к РАН присоединились аграрии и медики. Казалось бы, теперь у академии появилось значительно больше оснований для осуществления общего научного руководства этим ответственным изданием. Тем не менее в составе межведомственной группы по вопросам электронной версии БРЭ академия оказалась далеко не в главной роли. В группу вошёл 21 человек, в том числе всего три представителя РАН (Ю.С. Осипов, М.А. Пальцев, Г.И. Савин). Все руководящие позиции заняли функционеры из Правительства РФ. Межведомственная группа просуществовала четыре года и в 2020 г. была упразднена, не оставив сколь-либо заметного следа в судьбе онлайн-версии БРЭ.

Следующим событием на пути БРЭ к полноценному онлайн-статусу стало замечание В.В. Путина, сделанное им 5 ноября 2019 г. на заседании Совета по русскому языку: “Википедию лучше заменить Большой российской новой энциклопедией в электронном виде. Мы сейчас как раз с коллегами об этом говорим. Это будет достоверная информация, предложенная в современной форме” [14]. Вслед за этим 16 ноября 2019 г. вышло Распоряжение Правительства РФ “Об обеспечении доступа населения Российской Федерации к постоянно актуализируемой на базе научно верифицированных источников знания достоверной

информации о развитии и состоянии окружающего мира и социума” [15], где поставлена задача создания “общенационального интерактивного энциклопедического портала” и учреждается автономная некоммерческая организация “Большая российская энциклопедия”.

Спустя несколько лет сайт bigenc.ru начал наполняться статьями новой современной онлайн-новой “Большой российской энциклопедии”. Однако пока дело движется медленно. К середине 2023 г. размещено около 30 тыс. статей, хотя в словнике запланировано более 200 тыс. (в китайском аналоге в это время уже было 300 тыс. статей). В день размещается 100–120 новых статей, то есть искомое насыщение, по-видимому, будет достигнуто где-то к 2028 г. Проект отстал от ведущих зарубежных аналогов лет на 15, но не теряет надежды со временем их нагнать.

Онлайновая БРЭ совсем не избалована вниманием властей. Это особенно заметно, если сравнить её судьбу с положением “Православной энциклопедии”, которая издаётся с 2000 г. и насчитывает уже около 70 томов из 75 запланированных. Во главе издания стояли главные редакторы патриархи Алексей II и Кирилл, попечительский совет возглавляет мэр Москвы С.С. Собянин, общественный совет — председатель Государственной думы В.В. Володин. Все эти крупнейшие политические фигуры равнодушны к судьбе “Православной энциклопедии”. Так, Собянин недавно сообщил, что мэрия Москвы выделяет средства на производство телепрограммы, которая так и называется — “Православная энциклопедия” [16]. Пожалуй, наиболее наглядное свидетельство неравенства статусов двух энциклопедий — старт их переноса в открытый доступ в Интернет. “Православная энциклопедия” начала размещаться ещё в далёком 2007 г., БРЭ — лишь спустя 10 лет, в 2017 г. Если печатное издание БРЭ возглавлял главный редактор президент РАН академик Ю.С. Осипов, то её онлайн-издание на фоне “Православной энциклопедии” оказалось просто Золушкой, не имея в своём активе ни одной крупной административной фигуры.

К сожалению, в регламенте bigenc.ru не оговорена обязанность автора или курирующей организации оперативно отражать в тексте подотчётной статьи важнейшие события в рассматриваемой области, хотя в уставе онлайн-новой “Большой российской энциклопедии” несколько раз настоятельно требуется “постоянная актуализация современных научных знаний”. Кроме того, пока оставляют желать лучшего средства поддержки, в частности поиск: например, в ответ на запрос к bigenc.ru “Горбунов-Посадов” в 2023 г. было получено 567 весьма неадекватных результатов, в основном почему-то содержащих слово “гормоны”, при этом даже не было выдано сообщение о

том, что точного совпадения не нашлось. Словник пока огорчительно беден. Так, ни в действующем, ни в проектируемом словнике bigenc.ru, охватывающем IT-проблематику, не нашлось места для такого фундаментального понятия языка программирования, как “оператор цикла”.

Перечисленные недоработки закономерно приводят к относительно скромному результату: bigenc.ru по популярности уже превзошла копию печатного издания old.bigenc.ru, однако пока разительно отстаёт от русскоязычной “Википедии”. В месяц на bigenc.ru фиксируется лишь около 900 тыс. посещений, в то время как на ru.wikipedia.org — более 1 млрд. То есть на одно посещение онлайн-новой БРЭ приходится более 1000 посещений русскоязычной “Википедии”.

Что делать? Организация функционирования bigenc.ru нуждается в совершенствовании. Наряду с упомянутой выше необходимостью постоянно напоминать авторам о возможностях, открывающихся при онлайн-представлении материала, наметит ещё несколько перспективных направлений.

В онлайн-новой БРЭ автор не только отражает в статье последние достижения в рассматриваемой области, но и берёт на себя обязательство постоянно отслеживать происходящие изменения и оперативно корректировать, обновлять свой материал. Таким образом у читателя онлайн-версии должно сформироваться твёрдое убеждение не только в добротности сведений, размещаемых на сайте БРЭ, но и в их актуальности, то есть в том, что материал всегда отражает самые современные представления о предмете. Без подключения механизма систематического оперативного обновления статей “Большой российской энциклопедии” говорить о реальной конкуренции с русскоязычной “Википедией” не приходится. Упомянутое выше удручающее соотношение посещаемости расширением словника и обогащением аппарата статьи можно лишь несколько улучшить, но добиться нового качества, а именно, сравняться или даже превзойти по популярности “Википедию”, не удастся без “оживления”, без постоянной оперативной актуализации представленных материалов.

Полезно было бы использовать в организации наполнения онлайн-энциклопедии открытое рецензирование, успешно применяющееся, в частности, в издательствах F1000 [17] и MDPI [18], а в России — отчасти в eLibrary.ru [19]. При открытом рецензировании рецензии видны всем читателям, они размещаются непосредственно по соседству с самой статьёй. Так рецензент из злобного цербера трансформируется в доброжелательного собеседника автора, а то и в заинтересованного соавтора статьи.

Важно не только реализовать мгновенное размещение статей и оперативно вносимых авторами изменений, но и надёжное рецензирование всех материалов. На первый взгляд, обязательное рецензирование противопоказано быстрому размещению: ожидание полноценной добросовестной рецензии, к сожалению, может затянуться. Объединить решение этих двух кажущихся несовместимыми задач на самом деле несложно: надо дать возможность читателю выбирать, что он хочет увидеть — утверждённую версию статьи, прошедшую всё необходимое рецензирование, или же самую свежую её версию, до которой у рецензентов, возможно, ещё не дошли руки. Рецензентами могут выступать, с одной стороны, специалисты, назначаемые редакционно-издательским советом БРЭ, а с другой, в качестве инициативных рецензентов, все авторы статей БРЭ.

В отличие от “Википедии”, наполнение онлайн-ой “Большой российской энциклопедии” должно регулироваться сверху. Написание статей, посвящённых той или иной предметной области, можно делегировать специализирующейся на данном направлении наиболее авторитетной научной организации, которая в свою очередь производит определение словника, состава статей и распределение их написания между своими сотрудниками и/или внешними авторами. Конечно, участие в формировании онлайн-ой энциклопедии — почётная обязанность каждого состоявшегося российского учёного, в списке его трудов статьи для БРЭ займут почётное место. Вместе с тем полезно было бы подключить и различные стимулы для такой работы: высокие оценки при аттестации, разовые выплаты, надбавки к окладу и др. Нельзя мириться со сложившейся в настоящее время ситуацией: раз за разом внедряются всё новые схемы начисления баллов сотруднику за его публикационную результативность (показатель результативности научной деятельности, комплексный балл публикационной результативности), но ни в одной из этих схем ни публикация в БРЭ, ни постоянное поддержание этой публикации в актуальном состоянии практически никак не поощряются.

Статьи в живой энциклопедии, разумеется, должны индексироваться в РИНЦ, в Google Scholar, получать DOI, можно подумать и о Scopus. Имеет смысл организовать систематический квалифицированный перевод всех или лучших статей БРЭ на английский и другие иностранные языки. Хорошим тоном должно стать размещение ссылок на соответствующие материалы энциклопедии в начальных позициях библиографического списка любой российской научной статьи. Наряду с этим статус неэнциклопедической статьи должен существенно повышаться, если ссылка на неё появляется в библиографическом списке статьи БРЭ. Здесь полезно воспользоваться

возможностями онлайн-представления текста: к онлайн-ой библиографической ссылке на упомянутую в БРЭ статью можно впоследствии динамически, “на лету” приформировать своеобразный знак качества “Использовано в БРЭ”.

В библиографических списках статей онлайн-ой “Большой российской энциклопедии” приоритет, безусловно, должен отдаваться публикациям, имеющимся в открытом доступе: здесь читатель может перейти к ним “в один клик”. Необходимо последовательно использовать и другие преимущества публикации БРЭ в Интернете. В частности, статью в живой энциклопедии целесообразно оснастить “реверсной” библиографией (наряду с обычной), то есть динамически составляемой из ссылок на публикации, в настоящий момент упоминающие данную статью. Благодаря реверсу читатель увидит, в каком направлении теперь идут исследования, и получит возможность познакомиться с последними их результатами. Должна быть доступной для скачивания извне дата последней редакции статьи БРЭ. Это позволит оперативно атрибутировать онлайн-ые библиографические ссылки на такую статью обновляемой записью “Редакция от...”, чтобы ещё при просмотре ссылки на энциклопедию читатель видел, насколько свежий материал он там найдёт.

Россия — одна из немногих стран, способных одолеть такой масштабный национальный проект, как большая онлайн-ая энциклопедия. Актуальность и острая необходимость реализации живой “Большой российской энциклопедии” не вызывают сомнений. Решить эту задачу на должном уровне, по-видимому, способна только Российская академия наук. Постоянная совместная работа институтов РАН над онлайн-ой энциклопедией была бы не только чрезвычайно востребована в нашей стране, истосковавшейся по общедоступному качественному научному знанию, но и смогла бы послужить мощным консолидирующим РАН механизмом. Трудно переоценить и роль такого проекта в повышении известности и популярности работ, проводимых академией. Не секрет, что сейчас рядового российского гражданина вопрос “Знаете ли вы, чем занимается Российская академия наук?” зачастую ставит в тупик. А здесь он смог бы легко, со знанием дела ответить: «Ну как же, конечно, кто же этого не знает?! РАН ведёт такую живую, полезную, надёжную и увлекательную “Большую российскую энциклопедию”».

ЛИТЕРАТУРА

1. List of online encyclopedias // From Wikipedia, the free encyclopedia. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_online_encyclopedias
2. Википедия: что такое ОРИСС // Материал из Википедии — свободной энциклопедии. https://ru.wikipedia.org/wiki/Википедия:Что_такое_ОРИСС
3. The nonprofit Wikimedia Foundation provides the essential infrastructure for free knowledge // Wikimedia Foundation. <https://wikimediafoundation.org>
4. Энциклопедии фонда Wikimedia Foundation. <https://www.wikipedia.org>
5. Косырев Д. Создатель “Википедии”: свободной энциклопедии больше нет // РИА Новости. 19.07.2021 г. <https://ria.ru/20210710/vikipediya-1740645492.html>
6. Википедия должна удалить материалы с недостоверной общественно значимой информацией // Роскомнадзор. 05.04.2022 г. <https://rkn.gov.ru/news/rsoc/news74248.htm>
7. Стещенко Н. Общественник о новом судебном решении по делу “Википедии”: “Очередной штраф ни к чему не приведёт” // ФедералПресс. 18.04.2023 г. <https://fedpress.ru/expert-opinion/3236129>
8. “Руниверсалис” превзошёл “Википедию” по количеству статей // СППИ ГИПП. 14.06.2023 г. <https://gipp.ru/news/rossiyskie-izdateli/runiversalis-prevzoshel-vikipediyu-ko-kolichestvu-statey/>
9. Чернышев Е. Энциклопедия “Руниверсалис” сообщила о краже статей “Википедией” // Накануне.RU. 01.02.2023 г. <https://www.nakanune.ru/news/2023/02/01/22698987/>
10. Энциклопедия “Байду”. <https://baike.baidu.com>
11. Gorbunov-Posadov M.M. Alive publication // Publications. 2023. № 2. Art. 24. <https://doi.org/10.3390/publications11020024>
12. Указ Президента РФ от 14.10.2002 г. № 1156 “Об издании Большой российской энциклопедии”. <http://kremlin.ru/acts/bank/18676>
13. Распоряжение Правительства РФ от 25.08.2016 г. № 1791-п “Об образовании межведомственной рабочей группы по вопросам создания электронной версии Большой российской энциклопедии”. <http://government.ru/docs/all/108060/>
14. Фахрутдинов Р. «“Википедию” лучше заменить»: Путин переходит на энциклопедию // Газета.Ru. 05.10.2019 г. https://www.gazeta.ru/tech/2019/11/05_a_12797036.shtml?updated
15. Распоряжение Правительства РФ от 26.11.2019 г. № 2804-р “Об обеспечении доступа населения Российской Федерации к постоянно актуализируемой на базе научно-верифицированных источников знания достоверной информации о развитии и состоянии окружающего мира и социума”. <http://government.ru/docs/all/124814/>
16. Проценко Л. Издание “Православной энциклопедии” близится к финишу // Российская газета. 28.03.2023 г. <https://rg.ru/2023/03/28/reg-cfo/izdanie-pravoslavnoj-enciklopedii-blizitsia-k-finishu.html>
17. F1000: publishing solutions and services provider. <https://f1000.com>
18. MDPI: Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://www.mdpi.com>
19. Научная электронная библиотека. <https://elibrary.ru>

ENCYCLOPEDIAS: THE DIFFICULT ROAD TO ONLINE

M. M. Gorbunov-Posadov^{1, #}¹Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia[#]E-mail: gorbunov@keldysh.ru

Currently, online encyclopedias have become the main source of encyclopedic knowledge all over the world. Russia is somewhat behind the leading countries in this area. The Russian-language Wikipedia has been developing more or less on a par with its neighbors. However, recently, unfortunately, anti-Russian articles began to appear there, which is why a group of wiki editors had to distance themselves from Wikipedia and initiate the creation of a new encyclopedia independent of it — Runiversalis. The Great Russian Encyclopedia, which is moving belatedly to the Internet, shows the still modest results. The article suggests certain solutions designed to intensify the reorganization of online encyclopedias and provide an additional level of comfort for the reader. Emphasis is placed on the need for permanent operational updating of articles posted on the web and the role of the Russian Academy of Sciences in the creation of encyclopedias.

Keywords: Wikipedia, Runiversalis, Great Russian Encyclopedia, Russian Academy of Sciences, online publication, visit statistics.

ЭТЮДЫ ОБ УЧЁНЫХ

“ХИМИЯ – САМАЯ ИНТЕРЕСНАЯ НАУКА”

К 120-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА Б.А. АРБУЗОВА

© 2023 г. Н. С. Кореева^{а,*}

^аИнститут органической и физической химии им. А.Е. Арбузова Федерального исследовательского центра
“Казанский научный центр РАН”, Казань, Россия

*E-mail: arbuzmus@yandex.ru

Поступила в редакцию 06.08.2023 г.

После доработки 10.08.2023 г.

Принята к публикации 16.10.2023 г.

Статья посвящена жизни и деятельности академика Бориса Александровича Арбузова (1903–1991). Он вошёл в историю отечественной науки не только как выдающийся учёный, педагог, общественный деятель, но и как продолжатель традиций Казанской химической школы, отдавший ей более 60 лет жизни. Б.А. Арбузов — автор классических работ в области органической химии, химии гетероциклов, фосфорорганических соединений, природных соединений — терпенов, а также химии полимеров. Особый аспект его научного творчества — применение физических и физико-химических методов в химических исследованиях. В нашей стране Арбузов по праву считается основоположником исследований тонких деталей пространственного строения (конформационного анализа) органических и элементоорганических соединений.

Ключевые слова: Б.А. Арбузов, химия терпенов, фосфорорганическая химия, конформационный анализ, Казанская химическая школа, история химии.

DOI: 10.31857/S0869587323110063, **EDN:** CNOUSN

*“Химия — самая интересная наука,
открывающая свои тайны тем,
кто посвящает ей свою жизнь...”*

Б.А. Арбузов

Борис Александрович Арбузов родился 22 октября (4 ноября по новому стилю) 1903 г. в г. Ново-Александрия Люблинской губернии Российской империи (ныне г. Пулавы, Польша), став первенцем в семье Александра Ерминингельдовича и Екатерины Петровны Арбузовых. В то время А.Е. Арбузов, начинающий учёный, сотрудник кафедры органической химии и сельскохозяйственного анализа Института сельского хозяйства и лесоводства, работал над магистерской диссертацией, пытаясь разгадать загадку фосфористой кислоты¹.

¹ А.Е. Арбузов (1877–1968) — выдающийся химик-органик XX в. Действительный член Академии наук СССР (1942), основоположник химии фосфорорганических соединений. В магистерской диссертации “О строении фосфористой кислоты и её производных” (1905) установил строение этого вещества и описал реакцию, названную его именем.

КОРЕЕВА Наталья Сергеевна — директор Дома-музея академиков А.Е. и Б.А. Арбузовых ИОФХ им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН.

Детство в небольшом городке (примерно 4000 жителей), окружённом прекрасной природой, было счастливым и беспечным. Уже в ранние годы Борис Арбузов отличался любознательностью. Особенно его интересовала природа — он наблюдал за временами года, старательно записывал свои наблюдения, собирал гербарии. Позднее в семье родились ещё двое детей. Спустя годы не только Борис, но и они стали химиками².

В 1911 г. по всероссийскому конкурсу А.Е. Арбузов был избран заведующим кафедрой органической химии Императорского Казанского университета и в том же году с семьёй переехал из Ново-Александрии в Казань. В 1916 г. Арбузовы сняли дом в переулке Третьей гимназии (в советское время переименован в Школьный, а ныне в

² Сестра Б.А. Арбузова Ирина Александровна (1905–1989) — доктор химических наук, с 1948 г. сотрудник Института высокомолекулярных соединений АН СССР (Ленинград), брат Юрий Александрович (1907–1971) — доктор химических наук, профессор МГУ им. М.В. Ломоносова.



Борис Александрович Арбузов (1903–1991)

Катановский)³. Именно в Третью мужскую гимназию и поступил Борис Арбузов, завершив обучение в 1921 г., то есть уже в советское время. Родители, заметив у сына интерес к природе, рекомендовали ему поступать на лесной факультет Казанского университета, и уговаривать его не пришлось. Ежегодные летние студенческие практики он проводил под Казанью, в Раифе — месте, знаменитом вековым корабельным лесом и мужским монастырём (ныне эта территория входит в Волжско-Камский государственный заповедник). Арбузов учился с большим интересом, часто бывал в лаборатории отца, наблюдал за работой химиков и принимал деятельное участие во многих опытах. Как он вспоминал позднее, «особенно мне запомнились лекции по ботанической географии, которые замечательно читал член-корреспондент АН СССР профессор А.Я. Гордягин. В них он приводил данные по физике, археологии, истории, этнографии и другим наукам. Лекции А.Я. Гордягина настолько увлекали меня, что я их прослушал снова в следующем году и подумал о том, чтобы в дальнейшем работать по этой специальности» [1, с. 4, 5].

Пока Арбузов учился, лесной факультет Казанского университета был преобразован в Ин-

ститут сельского хозяйства и лесоводства. В 1926 г. будущий академик получил диплом об окончании именно этого учебного заведения с квалификацией «лесовод». Но к тому моменту вектор его профессионального интереса всё настойчивее поворачивается в сторону химии. Ещё до защиты диплома, в 1925 г., А.Е. Арбузов привлёк сына к выполнению задания Высшего совета народного хозяйства СССР (будучи профессором Казанского государственного университета Арбузов-старший осуществлял научное руководство выполнением этого задания): предстояло выяснить рентабельность подсочного промысла в Татарии и Марийской республике⁴. Этим в полевых условиях занялись Б.А. Арбузов, М.И. Адо и П.П. Леванюк. Результатом опытов по подсочке хвойных деревьев в Раифе стало подтверждение предсказаний Д.И. Менделеева и Ф.М. Флавицкого о том, что и в условиях сурового российского климата отечественный промысел добычи смолы с помощью подсочки возможен и рентабелен. Б.А. Арбузов по итогам своих исследований написал дипломную работу «Опыт применения физических методов к изучению смол и скипидаров», которая получила высокую оценку, в том числе и отца начинающего учёного.

В год защиты диплома Борис Александрович обратился к отцу с просьбой взять его к себе во вновь открытую аспирантуру при кафедре органической химии Казанского университета. Но Александр Ерминингельдович категорически отказал, объяснив своё решение, скорее всего, тем, что семейственность может стоить карьеры и ему, и сыну. Однако настойчивость Бориса убеждает и отца, и сообщество казанских университетских химиков в том, что Арбузов-младший вполне достоин стать аспирантом Арбузова-старшего (Борис Арбузов получил на то официальное разрешение руководства университета). Надо заметить: никто и никогда не говорил за спиной Бориса Александровича, что отец давал ему поблажки, помогал в карьерном росте. Доктор химических наук Г.Х. Камай, один из учеников А.Е. Арбузова, отмечал, что тот был с сыном строг и требовал от него больше, чем от других своих учеников [2, с. 87].

Научную деятельность Борис Александрович начал с разработки в 1928–1929 гг. позднее широко используемого метода подсочки хвойных деревьев и техники сбора живицы без потери летучих компонентов. (Эта работа имела важное практическое значение и позволила по-новому подойти к вопросу технического использования живично-

³ В этом доме с 1969 г. размещается музей академиков А.Е. и Б.А. Арбузовых. Б.А. Арбузов жил здесь до 1955 г.

⁴ Из смолы хвойных деревьев получают канифоль, скипидар, камфору и другие вещества. Долгое время считалось, что из-за сурового климата в Поволжье и средней полосе России невозможно добывать сосновую смолу методом подсочки, поэтому для извлечения смолы вырубали деревья. До 1930-х годов канифоль и скипидар закупались нашей страной за валюту в основном во Франции и США.

го скипидара.) С необыкновенным упорством начинающий учёный вёл тончайшие исследования живицы и продуктов её переработки – скипидара и канифоли, впервые в СССР применив для этих целей физико-химические методы. В 1928 г. он выступил на V Менделеевском съезде, проходившем в Казани, где сделал три доклада и был удостоен похвалы корифеев химии того времени. Новизна, оригинальность и значимость цикла работ по изучению состава и свойств терпенов позволили Русскому физико-химическому обществу присудить 25-летнему учёному премию имени А.М. Бутлерова. Пройдёт всего десять лет, и к 1939 г. СССР выйдет на второе место в мире по производству канифоли и скипидара. В основе этого прорыва лежали работы Б.А. Арбузова.

Именно он открыл перегруппировку циклических терпенов в терпены с открытой связью, вошедшую в химический терминологический словарь под названием “перегруппировка Б.А. Арбузова”. Результаты открытия позволили начать промышленное производство аллооцимена из скипидара для использования в качестве отдушки в парфюмерии (в природе аллооцимен присутствует в незначительных количествах в эфирных маслах растений рода Шалфей). Арбузов глубоко исследовал химические превращения терпенов, установил направления реакций окисления непредельных терпенов, открыл изомеризацию бициклических терпенов в алифатические. Терпеновые перегруппировки, открытые Б.А. Арбузовым и профессором З.Г. Исаевой, лежат в основе тонкого органического синтеза многих лекарственных средств.

Увлечение Бориса Александровича природой нашло воплощение в изучении химии природных соединений. Он не раз повторял: “В химию я пришёл из леса, от смолистой сосны” и на память хранил у себя в письменном столе причудливой формы кусок смолы (его и сегодня можно увидеть в Доме-музее академиков Арбузовых).

В 28 лет учёный возглавил кафедру синтетического каучука в Казанском химико-технологическом институте. Это оказалось совершенно новым делом, особенно если учесть, что до Арбузова никто в мире не разрабатывал лекционного курса химии синтетического каучука. После непродолжительной стажировки у академика С.В. Лебедева в Ленинграде Арбузов приступил к чтению лекций будущим технологам, которым предстояло работать в Казани на вновь открытом заводе синтетического каучука. С 1930 по 1935 г. Б.А. Арбузов занимался исследованиями диеновых соединений — основы для получения каучуков. В 1935 г. его утвердили в звании профессора КХТИ.

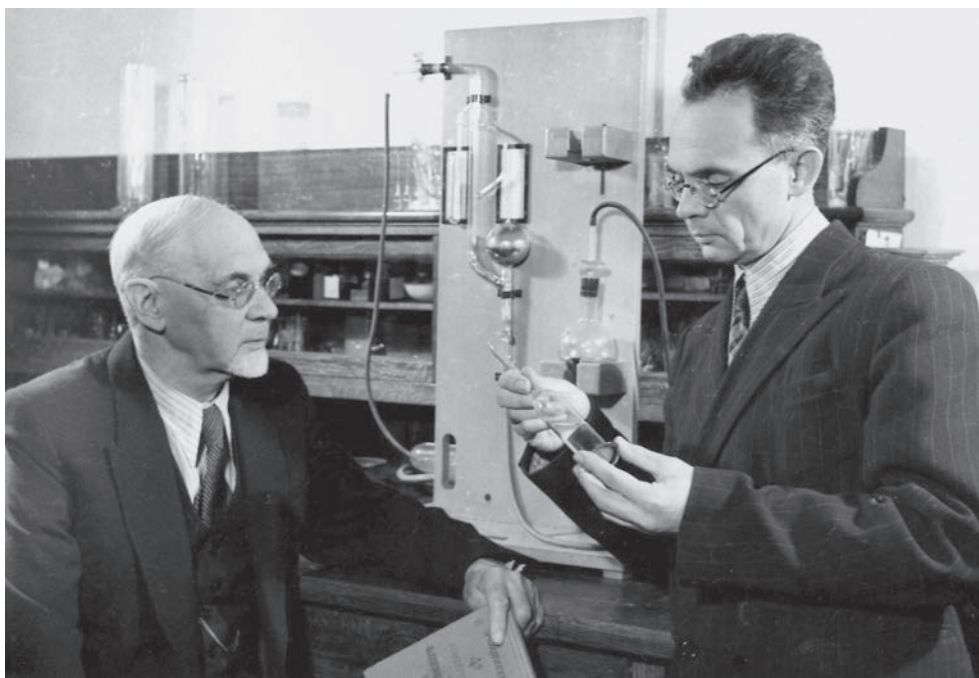
За первые 10 лет научной деятельности молодым учёным было опубликовано 50 статей. Предлагалось присвоить ему учёную степень доктора наук по совокупности научных статей, однако



Борис Арбузов с родителями. 1904 г.

Арбузов отказался и 20 июня 1937 г. в Московском государственном университете защитил диссертацию по теме своей монографии “Исследования в области изомерных превращений бициклических терпеновых углеводородов и их окисей”. Защита прошла блестяще, официальный оппонент академик Н.Д. Зелинский отметил, что представленного материала хватило бы и на две докторские диссертации [3, с. 139].

В качестве отступления от темы науки нельзя не упомянуть, что во второй половине 1930-х годов тяжёлые жизненные испытания не обошли стороной семью Арбузовых. С октября 1938 по март 1939 г. Борис Александрович находился под следствием в органах НКВД в Казани по обвинению в шпионаже. В итоге за недостатком доказательств обвинения были сняты, он был выпущен на свободу. По воспоминаниям учёного, его спасло то, что Берия сразу после назначения на должность наркома внутренних дел занялся пересмотром незавершённых уголовных дел времён Ежова [4, с. 3]. Многих тогда спасло это межвременье и Арбузова-младшего в том числе...



А.Е. и Б.А. Арбузовы. 1950-е годы

Развивая исследования, связанные с изучением строения и химического поведения различных терпенов, особенно смоляных кислот, Б.А. Арбузов в 1940 г. окончательно установил строение левопимаровой кислоты, найдя ответ на вопрос, остававшийся для химиков загадкой на протяжении столетия. Ему это удалось, когда он в ходе кропотливых поисков применил реакцию диенового синтеза [5, с. 14]. В 1951 г. за цикл работ в области химии терпенов и диеновых соединений Б.А. Арбузов был удостоен Сталинской премии.

Продолжением дела отца, фосфорорганика А.Е. Арбузова, стало изучение фосфорорганических соединений. Под руководством Бориса Александровича были получены новые биологически активные фосфорсодержащие соединения. Одни из них впоследствии легли в основу производства лекарственных препаратов, другие — эффективных пестицидов для сельского хозяйства.

В числе важнейших достижений Б.А. Арбузова — внедрение физических методов установления пространственной структуры органических соединений. Тем самым было положено начало конформационному анализу и стереохимии. За эти работы группа химиков казанского Научно-исследовательского химического института им. А.М. Бутлерова во главе с Б.А. Арбузовым в 1949 г. была удостоена премии им. Д.И. Менделеева.

Борис Александрович Арбузов стал крёстным отцом методов магнитного резонанса в химии в нашей стране. В 1960 г. в Казанском университете он вместе с физиком (с 1968 г. доктор физико-математических наук) Ю.Ю. Самитовым снял первый спектр ядерно-магнитного резонанса на

одном из первых в СССР спектрометров ЯМР — КГУ-1. При участии Арбузова и под его руководством в Казани был создан физико-химический центр, использовавший в исследованиях такие современные методы, как электронный парамагнитный резонанс, ядерный магнитный резонанс, масс-спектроскопию, электронографию, которые позволяют комплексно решать сложные химические задачи. Сегодня это азбука научной работы, но тогда, в 1960-е годы, только что предложенные подходы к химическому анализу представлялись экзотикой.

Около 60 лет постоянным рабочим местом Б.А. Арбузова была химическая лаборатория Казанского университета. Сейчас здесь располагается Музей Казанской химической школы. По нему не раз водил экскурсии сам академик. Работая в мемориальном Бутлеровском кабинете, Б.А. Арбузов сидел за тем же столом, что и знаменитый химик, но никогда не занимал его кресла, а садился с противоположной стороны стола, как будто напротив своего мудрого предшественника.

Борис Александрович запомнился многим его коллегам не только как учёный, но и как педагог и воспитатель. Заботливый и строгий, терпеливый и настойчивый он своим примером показывал, как надо относиться к людям и делу своей жизни. Все, кто у него учился, отмечали, что он “прекрасный лектор, логично и убедительно, просто и интересно читающий свои лекции” [6, с. 15], “писать за ним было очень легко... в результате появлялся чётко спланированный и очень логично изложенный конспект” [7, с. 76].



Б.А. Арбузов в мемориальном кабинете А.М. Бутлерова в кругу учеников и коллег.
Слева направо: А.Н. Пудовик, А.Н. Верещагин, Р.П. Аршинова, Л.К. Юлдашева, А.И. Коновалов.
1980-е годы

Из научной школы Б.А. Арбузова вышло более 40 докторов наук. В их числе такие известные учёные, как академик РАН А.И. Коновалов (с 1979 по 1990 г. ректор Казанского государственного университета, а с 1990 по 2001 г. директор ИОФХ им. А.Е. Арбузова Казанского научного центра РАН), член-корреспондент РАН А.Н. Пудовик (с 1971 по 1988 г. директор ИОФХ им. А.Е. Арбузова), доктора химических наук З.Г. Исаева, А.Н. Верещагин, О.А. Ерастов, кандидат химических наук А.О. Визель.

За что бы ни брался Борис Александрович, он всё делал с максимальной отдачей. Никогда не прекращавшаяся исследовательская работа и параллельно, на протяжении десятилетий, педагогическая, отнимавшая много сил и времени административная нагрузка, депутатская деятельность, членство в самых разнообразных обществах и организациях... Сохранился автограф с перечислением обязанностей академика Арбузова (в перечне 21 позиция), и к каждой из них он относился ответственно, поскольку не умел халтурить и не терпел халтурщиков. Академик А.И. Коновалов очень метко определил эту черту его характера: “Быть Арбузовым – это миссия” [8, с. 42]. Борис Александрович не просто не подвёл своего отца, он стал учеником, который, как известно, стремится превзойти своего учителя. Ему это удалось, в чём признавался и сам академик А.Е. Арбузов.

Ниже уместно привести основные этапы послужного списка учёного. В 1929–1935 гг. Б.А. Арбузов

работал в Казанском ветеринарном институте, одновременно в 1930–1938 гг. – в Казанском химико-технологическом институте, в 1938–1967 гг. заведовал кафедрой органической химии в Казанском университете и здесь же с 1940 по 1950 г. был деканом химического факультета. С 1960 по 1989 г. он – директор Научно-исследовательского химического института им. А.М. Бутлерова, с 1958 по 1965 г. – сначала организатор, затем первый директор Казанского института органической химии, а с 1965 по 1971 г. – Института органической и физической химии им. А.Е. Арбузова. В 1971–1989 гг. он заведовал лабораторией структуры и реакционной способности органических соединений ИОФХ. Почти полвека Арбузов был тесно связан с деятельностью Академии наук (в 1943 г. избран членом-корреспондентом, а в 1953 – действительным членом АН СССР).

Заслуги академика Б.А. Арбузова отмечены высокими наградами, он удостоен звания Героя Социалистического Труда, пяти орденов Ленина, многих других орденов и медалей. В 1978 г. за цикл работ “Новые пути синтеза и изучение строения фосфорорганических соединений”, проведённых в 1954–1975 гг., ему (совместно с А.Н. Пудовиком) была присуждена Ленинская премия. Учёный получил и международное признание. В 1969 г. во Франции на международном форуме, посвящённом 300-летию открытия фосфора, он был награждён именной серебряной медалью города Парижа. Избирался почётным доктором Гданьского (Поль-

ша), Галльского (Германия) университетов, почётным гражданином г. Лодзи (Польша).

В Доме-музее академиков А.Е. и Б.А. Арбузовых сохранился кабинет учёного и большая коллекция его личных вещей и документов. Это и сюртук, в котором Б.А. Арбузов в Лондоне присутствовал на торжествах по случаю 300-летия Исаака Ньютона, отмечавшегося в 1946 г.⁵, и мантия почётного доктора Гданьского университета, и лента почётного гражданина Казани. Просмотр альбомов с фотографиями, сделанными Борисом Александровичем, убеждает, что перед нами человек, любивший и ценивший красоту русской природы. На некоторых снимках сам академик: в домашней пижаме поливает цветник, на вёслах в лодке, в обнимку с собакой. Семейные фотографии не лишены юмора и представляют людей, ценивших моменты общения в семейном кругу. В числе увлечений Б.А. Арбузова были лыжи, гребля, фотография, создание поделок из дерева. Среди хранящихся в музее — деревянные пасхальные шкатулки в виде яиц с нанесёнными в технике выжигания рисунками. Всё это сбережено благодаря его супруге, Ольге Андреевне, которая после смерти мужа передала большую мемориальную коллекцию его вещей в музей. Союз Бориса Александровича и Ольги Андреевны длился 65 лет! Они понимали друг друга с полуслова. Ольга Андреевна, как ангел хранитель, всегда была рядом со своим мужем, максимально окружала его заботой, каждодневно следила за его здоровьем, так как сам он часто забывал об отдыхе... Их единственная дочь Марина стала музыкантом и талантливым педагогом, заслуженным деятелем культуры Татарской АССР.

⁵ В связи со Второй мировой войной торжества проходили не в 1942, а в 1946 г. [2, с. 289–299].

Борис Александрович Арбузов ушёл из жизни 6 ноября 1991 г., похоронен в семейном склепе на Арском кладбище в Казани.

Детище и гордость академиков Арбузовых — Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова — в настоящее время продолжает дело своих основателей (ныне это обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра “Казанский научный центр Российской академии наук”). Широкая география лауреатов Международной Арбузовской премии, учреждённой в 1997 г. в память об академике А.Е. и Б.А. Арбузовых, подтверждает интерес к фосфорорганическим соединениям в мире.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арбузов Б.А. Мои воспоминания о Казанском университете // Б.А. Арбузов — учёный-педагог. Воспоминания учеников, коллег, сотрудников. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2003. С. 4–20.
2. Александр Ерминингельдович Арбузов: Очерки. Воспоминания. Материалы. М.: Наука, 1989.
3. Рассказы о казанских учёных. Казань: Таткнигоиздат, 1983.
4. Выбор Бориса Арбузова // Газета КФАН “Наука”. 1988. 2 сентября. С. 3.
5. Пудовик А.Н. Краткий очерк научной, педагогической, научно-организационной и общественной деятельности // Борис Александрович Арбузов. Материалы к библиографии учёных. М.: Наука, 1983. С. 9–29.
6. Абрамов В.С. Борис Александрович Арбузов. Биографический очерк // Борис Александрович Арбузов. Казань: Татгосиздат, 1946. С. 5–15.
7. Визель А.О. Воспоминания об учителе // Б.А. Арбузов — учёный-педагог. Воспоминания учеников, коллег, сотрудников. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2003. С. 75–90.
8. Коновалов А.И. Штрихи к портрету академика Б.А. Арбузова // Б.А. Арбузов — учёный-педагог. Воспоминания учеников, коллег, сотрудников. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2003. С. 35–42.

“CHEMISTRY IS THE MOST INTERESTING SCIENCE”

ON THE 120TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF ACADEMICIAN B.A. ARBUZOV

N. S. Koreeva^{1, #}

¹A.E. Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry of the Federal Research Center “Kazan Scientific Center of the RAS”, Kazan, Russia

[#]E-mail: arbutmus@yandex.ru

The article is devoted to the life and work of Academician Boris Alexandrovich Arbuzov (1903–1991). He entered the history of Russian science not only as an outstanding scientist, teacher, public figure, but also as a continuer of the traditions of the Kazan Chemical School, who gave her more than 60 years of life. B.A. Arbuzov is the author of classical works in the field of organic chemistry, heterocycle chemistry, organophosphorus compounds, natural compounds — terpenes, as well as polymer chemistry. A special aspect of his scientific work is the application of physical and physico-chemical methods in chemical research. In our country, Watermelon is rightfully considered the founder of the research of fine details of the spatial structure (conformational analysis) of organic and organoelement compounds.

Keywords: B.A. Arbuzov, terpene chemistry, organophosphorus chemistry, conformational analysis, Kazan Chemical School, history of chemistry.

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

МОЛОДЁЖНАЯ НАУКА?

© 2023 г. Академик РАН, советник РАН Ю. А. Золотов^{а,*}

^аИнститут общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, Москва, Россия

*E-mail: zolotov.32@mail.ru

Поступила в редакцию 22.08.2023 г.

После доработки 22.08.2023 г.

Принята к публикации 05.09.2023 г.

DOI: 10.31857/S0869587323110105, EDN: CNHZNU

Ни для кого не секрет, что у нас проводится множество молодёжных научных конференций, конкурсы на лучшие молодёжные доклады на “обычных” конференциях, в научных учреждениях функционируют советы молодых учёных, реализуется немало программ государственной, региональной или ведомственной грантовой поддержки молодых исследователей. Последняя новация — организация особых молодёжных научных лабораторий в рамках нацпроекта “Наука и университеты”. Мы этому радуемся, мы привыкли считать, что это хорошо. Но если как следует подумать, то, может быть, появятся вопросы или даже сомнения.

Спрашивается, нужно ли выделять молодёжную науку как особую составляющую научного пространства. Ведь наука едина, она не делится на “взрослую” и “молодёжную”. Разве мы исходим из предположения, что молодым надо делать какие-то скидки, что они в чём-то слабее?

К счастью, это не так. Наоборот, самые крупные открытия, самые оригинальные работы делаются именно в относительно молодом возрасте: работоспособность, нескованность догмами, смелость, а иногда и лёгкий авантюризм в постановке задач — залог нестандартных научных решений. Продуктивность прежде всего молодых нетрудно подтвердить примерами, что делалось неоднократно, хотя исключения, конечно, имеются.

Приведу примеры из близкой мне химии. Среди англичан назову Хэмфи Дэви, открывшего натрий и калий, когда ему было 26, Уильяма Грегора, который стал первооткрывателем титана в 30, и жившего раньше них Джозефа Блэка, открывшего углекислый газ в 26-летнем возрасте. Среди работавших во Франции учёных можно вспомнить Мишеля Шеврёля, который открыл холестерин в 29, Марию Кюри — в год обнаружения радия ей исполнился 31 год. Кофеин открыт немцем Фридрихом Рунге, когда тому было 25, а бельгийский химик Сольве разработал широко известный процесс получения соды (процесс Сольве) в 26-летнем возрасте.

А что в России? Д.И. Менделеев, которого благодаря распространённым портретам и фотогра-

фиям мы привыкли воспринимать бородатым стариком, создал периодический закон, когда ему было только 35 лет. В 1903 г. М.С. Цвет сделал первое сообщение о созданной им хроматографии, самом распространённом сейчас методе химического анализа; Михаилу Семёновичу было тогда 30 с хвостиком. Разветвлённые цепные реакции будущий нобелевский лауреат Н.Н. Семёнов обнаружил в 30 лет. Иначе говоря, в естественных науках основной массив экспериментальных данных получают в молодом возрасте, то есть наука в основном прирастает благодаря молодым исследователям.

Я был во многих странах, участвовал во многих конференциях за рубежом. Что-то не припомню, чтобы там молодых как-то выделяли. В дискуссиях они участвуют пошустрее маститых учёных, при отборе докладов возраст автора никто во внимание не принимает, отдельных молодёжных конференций за рубежом не организуют.

На мой взгляд, олимпиады, конкурсы, конференции и соответствующая система поощрений нужны для студентов и старших школьников — как элемент обучения, как средство привлечения в науку. Кстати, такие мероприятия устраивают и в других странах, например в США. Но уже аспиранты там работают наравне со всеми, кто занимается наукой, для них никаких скидок и преференций не предусмотрено.

Вспоминаю, как один из моих учителей, директор института, где я работал, академик А.В. Виноградов, вице-президент АН СССР, недоумевал, зачем мы (я был его молодым заместителем) устраиваем отдельные молодёжные научные конференции. Он их не запрещал, но считал, что науку едва ли нужно делить исходя из возраста тех, кто проводит научные исследования, — критерии для всех должны быть едиными.

Если руководствоваться возрастными критериями, то не следует ли тогда проводить отдельные конференции, наоборот, для пожилых? И грантами их стимулировать? Это, конечно, шутка, но остаётся вопрос, нет ли в ней доли правды.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТДЕЛ

НАГРАДЫ И ПРЕМИИ

DOI: 10.31857/S0869587323110117, EDN: IKZIGB

ЗОЛОТАЯ МЕДАЛЬ ИМЕНИ Б.В. ПЕТРОВСКОГО 2023 ГОДА – А.В. ГАВРИЛЕНКО



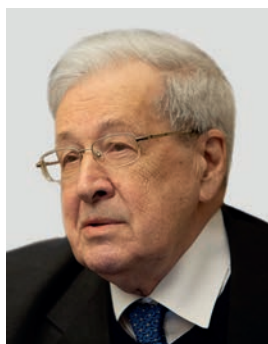
Президиум РАН присудил золотую медаль им. Б.В. Петровского 2023 года академику РАН Александру Васильевичу Гавриленко за серию работ «Внедрение в клиническую практику генно-инженерных конструкций “VEGF 165” при критических ишемических состояниях».

А.В. Гавриленко сформировал новаторский подход к комплексному лечению больных с критической ишемией, которым угрожает потеря нижних конечностей. Применение генно-инженерных конструкций на основе факторов сосудистого роста VEGF-165 выступает принципиально новым и современным методом лечения, а также перспективно для дальнейшего изучения и использования подходов в лечении пациентов с критическими ишемическими состояниями. Введение данного препарата в ишемизированные ткани обеспечивает длительный синтез ростовых фак-

торов, приводящих к развитию дополнительной сосудистой сети и, следовательно, к увеличению перфузии ткани и снижению степени ишемии. Эта методика используется как самостоятельно, так и в сочетании с реконструктивными сосудистыми операциями или комплексным консервативным лечением для улучшения отдалённых результатов.

Автор впервые разработал и предложил инновационный метод лечения больных с критическими ишемическими состояниями, основанный на генно-инженерных методах стимуляции ангиогенеза, что позволило вывести проблему лечения этой сложной категории пациентов на принципиально новый уровень. Наиболее перспективным представляется комплексное применение реконструктивных сосудистых операций, направленных на восстановление магистрального кровотока, с генно-инженерными методами стимуляции ангиогенеза, которые способствуют развитию микроциркуляторного русла и улучшению перфузии тканей и органов.

ПРЕМИЯ ИМЕНИ А.Н. БАХА 2023 ГОДА – В.Г. ДЕБАБОВУ



Президиум РАН присудил премию им. А.Н. Баха 2023 года академику РАН Владимиру Георгиевичу Дебабову за цикл работ «Метаболическая инженерия *Escherichia coli*».

Исследования В.Г. Дебабова, направленные на оптимизацию генетических и регуляторных процессов в клетках для повышения продуктивности биопроцессов по определённому целевому веществу, внесли неоценимый вклад в развитие отечествен-

ной микробиологической промышленности, а упомянутый цикл работ – в изучение метаболизма бактерий *Escherichia coli* и разработку инструментария метаболической инженерии. Историческая заслуга автора – внедрение бактерий *Escherichia coli* в мировое промышленное производство. Труды академика опубликованы в высокорейтинговых отечественных и международных изданиях, широко известны мировому научному сообществу и стимулировали развитие важнейшего направления синтетической биологии – генной инженерии, метаболической стратегии получения практически важных продуктов микробиологического синтеза.