

Том 93, Номер 3

ISSN 0869-5873

Март 2023



ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

www.sciencejournals.ru



СОДЕРЖАНИЕ

Том 93, номер 3, 2023

К 300-летию Российской академии наук

- Ю. В. Наточин*
Физиология в естествознании и истории Российской академии наук 203
-

Наука и общество

- И. П. Цапенко*
Миграционные эффекты социальных дисбалансов 214
- Б. Л. Лавровский, Е. А. Шильцин*
Экономика России: границы роста 228
-

Точка зрения

- А. В. Тодосийчук*
Условия и факторы научно-технологического и инновационного развития экономики 237
- Б. Н. Порфирьев, Д. О. Елисеев, А. Ю. Колпаков*
Оценка инвестиций в адаптацию экономики к последствиям деградации многолетней мерзлоты в России 246
-

Проблемы экологии

- Н. Н. Ключев*
Территориальные сдвиги антропогенной нагрузки на природу в постсоветской России 255
-

Из рабочей тетради исследователя

- А. Л. Арефьев*
Русскоязычное образование в бывших национальных республиках СССР в последние 30 лет 266
- М. Ю. Киров, В. В. Кузьков, Е. В. Фот, А. А. Смёткин*
Персонифицированный подход к мониторингу и терапии критических состояний 275
-

Этюды об учёных

- О. И. Орлов, А. Р. Куссмауль, М. С. Белаковский*
“Наука дышит лишь одним воздухом — кислородом фактов”
К 120-летию со дня рождения академика В.В. Парина 283
- А. Н. Богданов, И. М. Кондратьев*
Отец сверхзвуковой аэродинамики
Памяти Теодора фон Кармана 289
-

Официальный отдел

- Большая золотая медаль Российской академии наук имени М.В. Ломоносова 2022 года 297
- Награды и премии 299
-

CONTENTS

Vol. 93, No. 3, 2023

To the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences

- Yu. V. Natochin*
Physiology in natural science and history of the Russian Academy of Sciences 203
-

Science and society

- I. P. Tsapenko*
Migration effects of social imbalances 214
- B. L. Lavrovsky, E. A. Shiltsin*
Russian Economy: Limits of Growth 228
-

Point of view

- A. V. Todosiyshuk*
Conditions and factors of scientific, technological and innovative development
of the economy 237
- B. N. Porfiriev, D. O. Eliseev, A. Yu. Kolpakov*
Assessing investments in adapting the economy to the consequences of permafrost
degradation in Russia 246
-

Problems of Ecology

- N. N. Klyuev*
Territorial shifts in the anthropogenic load on nature in post-Soviet Russia 255
-

From the researcher's notebook

- A. L. Arefiev*
Russian-language education in the former national republics of the USSR
in the last 30 years 266
- M. Yu. Kirov, V. V. Kuzkov, E. V. Fot, A. A. Smetkin*
Personalized approach to monitoring and therapy of critical conditions 275
-

Profiles

- O. I. Orlov, A. R. Kussmaul, M. S. Belakovsky*
“Science breathes only one air – the oxygen of facts.”
To the 120th anniversary of Academician V.V. Parin 283
- A. N. Bogdanov, I. M. Kondratiev*
Father of supersonic aerodynamics.
In memory of Theodore von Kármán 289
-

Official department

- Big gold medal named after M.V. Lomonosov of the Russian Academy of Sciences 2022 297
- Awards and prizes 299
-

К 300-ЛЕТИЮ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ФИЗИОЛОГИЯ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ И ИСТОРИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

© 2023 г. Ю. В. Наточин^{а,*}

^аИнститут эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН,
Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: natochin1@mail.ru

Поступила в редакцию 02.02.2023 г.

После доработки 06.02.2023 г.

Принята к публикации 20.02.2023 г.

Исследования проблем физиологии были начаты в Санкт-Петербурге в Академии наук и художеств в 1725 г. Сначала они проводились на кафедре анатомии и физиологии, в XIX в. — в Физиологической лаборатории, в XX в. был создан первый Институт физиологии АН СССР. По мере развития естествознания возникали новые методы исследования, формировались новые науки, неизменным оставался интерес к пониманию механизмов осуществления функций в организме человека, их регуляции. Адекватные подходы к природе дисфункций на фундаменте физиологических функций легли в основу каждой из клинических дисциплин. Выдающиеся достижения последних десятилетий XX столетия и первых — XXI, основанные на методах молекулярной биологии, генетики и биоинформатики, диктуют необходимость перехода на новый уровень на основе взаимодействия разных наук для выяснения механизмов регуляции при построении образа физиологической деятельности целостного организма.

Ключевые слова: физиология, история РАН, гомеостаз, почка, водно-солевой обмен.

DOI: 10.31857/S0869587323030088, EDN: SIIBUS

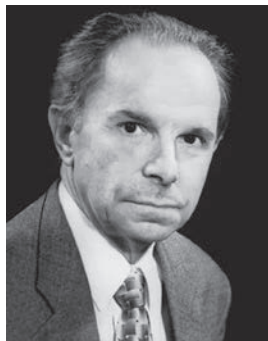
На определённом этапе развития любой науки возникает потребность в саморефлексии, обобщении и оценке накопленного опыта. Это позволяет более осознанно формулировать задачи на будущее. Структуру науки, динамику её преобразований можно проследить по учебникам, руководствам, где представлены наиболее значимые сведения о состоянии исследований в той или иной области знания. Чтобы понять тенденцию развития конкретной науки, дать приемлемый прогноз её развития хотя бы на ближайшие годы,

нужна интуиция. Зачастую развитие науки идёт неравномерно, крупные достижения в сопредельных областях оказывают сильное влияние на любую науку. Это справедливо и в случае физиологии. При анализе тенденций её развития необходимо дать ответ на вопрос о её месте в современном естествознании, её роли в прикладных направлениях науки, её влиянии на прогресс медицины и образования.

В настоящей статье речь пойдёт об истории становления физиологии в Российской академии наук. С первых дней существования в Петербурге Академии наук и художеств физиология занимала достойное место в организационных формах научных учреждений, была тесно связана с медицинской, выдающиеся представители которой становились членами академии.

СТАНОВЛЕНИЕ ФИЗИОЛОГИИ В АКАДЕМИИ НАУК

Физиология как наука практически всегда была представлена в числе ключевых дисциплин в Санкт-Петербургской Академии наук и худо-



НАТОЧИН Юрий Викторович — академик РАН, главный научный сотрудник ИЭФБ РАН, советник РАН.



Академик Петербургской Академии наук Л. Эйлер. Бюст (мрамор) установлен в холле Президиума РАН в Москве (Ленинский пр., 14). Скульптор Ж.Д. Рашетт. 1788 г. *Фото Ю.В. Наточина*

жеств, Академии наук СССР, Российской Академии наук [1]. Как известно, указ о создании Академии наук был подписан Петром Великим в 1724 г. В России в ту пору было всего несколько человек, получивших образование в странах Европы и защитивших диссертации. Поэтому лейб-медик императора Л.Л. Блюментрост (1692–1755), ставший первым президентом академии, и группа его единомышленников занимались поиском и приглашением в страну иностранных учёных — представителей разных областей знания.

Необходимо было создать предпосылки для развития науки и системы образования, подготовки кадров для самой академии. Итогом размышлений Петра I и его советников стала оказавшаяся продуктивной государственная система науки и образования со стабильным обеспечением из казны, как и продуманная структура Академии наук, встроенной в систему государственных учреждений империи. Три века спустя можно с уверенностью говорить о выдающейся роли в решении этих проблем не только императора, но и



Подпись на медной основе под бюстом Л. Эйлера. *Фото Ю.В. Наточина*

Л.Л. Блюментроста [2]. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что уже на первом этапе существования академии были разграничены роли её администрации, президента и непосредственно учёных. Президент академии не был академиком, число членов академии было постоянным, их назначение (а позднее избрание) осуществлялось только на освободившиеся вакансии.

В ту пору, конечно, не было научно-исследовательских институтов (они появились два века спустя), развитие науки зависело от идей, которые выдвигали отдельные выдающиеся учёные. Эти идеи постепенно реализовывались последователями, возникали научные школы на кафедрах академии или университетов [3, 4]. Во второй половине XIX в. в Академии наук появилась Физиологическая лаборатория, а первый физиологический институт — только в 1925 г.

Одной из первых в рамках Академии наук была создана Кафедра анатомии и физиологии, которую возглавил приехавший из Базеля (Швейцария) Д. Бернулли (1700–1782). Он был зачислен профессором физиологии 5 июля 1725 г., а затем в 1727 г. сменил направление своих исследований и стал профессором математики. 17 декабря 1726 г. адъюнктом на эту кафедру был приглашён друг Бернулли Л. Эйлер (1707–1783). Он работал на кафедре физиологии по 1 января 1731 г., после чего перешёл на кафедру высшей математики. На фото под мраморным бюстом Эйлера выгравированы названия наук, в которые этот учёный внёс особенно заметный вклад, первой в их числе стоит физиология.

На протяжении последующих двух с половиной столетий выдающиеся физиологи и представители медицины избирались в различные отделения Академии наук, многие десятилетия просуществовала кафедра анатомии и физиологии. Самостоятельное Отделение физиологии АН СССР было создано только во второй половине XX в., десятилетие спустя после чудовищного разгрома этой науки, учинённого в 1950 г. во время печально известной Объединённой сессии АН СССР и АМН СССР, посвящённой физиологическому



Академик Л.О. Орбели и член-корреспондент АМН СССР А.Г. Гинецинский. 1956 г. Фото Ю.В. Наточина

учению академика И.П. Павлова [5]. Эта сессия прошла через два года после ещё более известной сессии ВАСХНИЛ, на которой была фактически уничтожена отечественная генетика и возведён на пьедестал Т.Д. Лысенко.

В те годы академиком-секретарём Биологического отделения АН СССР был ученик и продолжатель дела И.П. Павлова академик Л.А. Орбели. На посту академика-секретаря он стремился в соответствии с академическими традициями обеспечить возможность развития разных научных школ. Но это противоречило идеям Т.Д. Лысенко, последовала жёсткая расплата, и после сессии ВАСХНИЛ 1948 г., а затем Павловской сессии Л.А. Орбели подвергся гонениям [6], как и его научная школа. Орбели был снят с поста директора Института физиологии им. И.П. Павлова (организован в 1925 г. на базе Физиологической лаборатории), одновременно уволили и его заместителя и ученика члена-корреспондента АМН СССР А.Г. Гинецинского.

Однако Орбели продолжал работать. По распоряжению президента АН СССР ему было разрешено организовать исследовательскую группу из восьми человек. Что касается Гинецинского, то он был уволен из Института физиологии, но ему разрешили продолжить работу на кафедре нормальной физиологии Педиатрического медицинского института, которую он создал в 1932 г. и возглавлял многие годы. Но в 1951 г. комиссия из Москвы потребовала его сместить, он получил направление на работу в Сибирь, где возглавил кафедру нормальной физиологии в Новосибирском государственном медицинском институте. Трудные для участников разгромленных физио-

логических школ времена продолжались вплоть до смерти И.В. Сталина в 1953 г.

В 1951 г. в Москве при участии известных физиологов Э.А. Асратяна, В.С. Русинова и М.Н. Ливанова был создан Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии АН СССР. Президиум АН СССР в 1954 г. принял решение создать Лабораторию эволюционной физиологии АН СССР и назначил её руководителем Л.А. Орбели. В 1954 г. из Новосибирска в Ленинград по приглашению Орбели вернулся А.Г. Гинецинский, на должность старшего научного сотрудника в эту лабораторию. В январе 1956 г. Президиум АН СССР преобразовал Лабораторию эволюционной физиологии АН СССР в Институт эволюционной физиологии им. И.М. Сеченова АН СССР. Л.А. Орбели стал его директором, а вскоре заместителем директора по научной работе был назначен А.Г. Гинецинский. Так, в конспективном изложении, завершился один из трудных этапов развития отечественной физиологии в Академии наук, затем началось залечивание интеллектуальных ран и быстрое восстановление физиологии как науки.

ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИОЛОГИИ АН СССР

19 мая 1961 г. Общее собрание избрало президентом АН СССР академика М.В. Келдыша, который провёл реформу академии. Решением Общего собрания 1 июля 1963 г. был принят новый Устав АН СССР, а на основании постановления Президиума Совета Министров СССР от 28 июня 1963 г. в составе Академии наук было создано Отделение физиологии. Первым академиком-секретарём отделения стал В.Н. Черниговский (1907–1981). В 1959 г. он возглавил Институт фи-

зиологии им. И.П. Павлова (после смерти академика К.М. Быкова), в июне 1960 г. был избран академиком АН СССР. В 1963 г. было принято решение о проведении совместной первой сессии Отделения физиологии и Научного совета по комплексной проблеме “Физиология”, который ещё только предстояло создать. Работу по организации этого совета при отделении В.Н. Черниговский поручил К.А. Ланге (он был назначен учёным секретарём совета). В Институте физиологии им. И.П. Павлова была создана группа, которая активно занималась подготовкой сессии совета. В её состав входили А.Н. Боргест и Н.Я. Росина. Первая сессия Научного совета по комплексной проблеме “Физиология” совместно с собранием отделения была проведена с 7 по 9 января 1964 г.

Во вторник 7 января 1964 г. в 11 часов утра в конференц-зале Института физиологии им. И.П. Павлова академик-секретарь В.Н. Черниговский открыл Общее собрание Отделения физиологии АН СССР. В 15 часов дня здесь же состоялось первое совместное заседание Общего собрания Отделения физиологии и Пленума Научного совета по комплексной проблеме “Физиология”. Председателем Совета стал В.Н. Черниговский, его заместителем — член-корреспондент АН СССР Е.М. Крепс. В качестве докладчиков выступили В.Н. Черниговский, Е.М. Крепс, П.Г. Костюк, П.В. Симонов, Ю.В. Наточин (в то время кандидат биологических наук). Все они, причём в указанной последовательности, на протяжении последующих четырёх десятилетий — с 1963 по 2002 г. — будут возглавлять Отделение физиологии АН СССР/РАН, пока в 2002 г., при очередной реформе РАН не произойдёт объединение Отделения физиологии, Отделения общей биологии, Отделения физико-химической биологии и создание Отделения биологических наук. Поражает провидческий дар В.Н. Черниговского, который включил в число докладчиков именно этих учёных, впоследствии действительных членов Академии наук.

На протяжении десятилетий деятельность Научного совета по комплексной проблеме “Физиология” оставалась очень активной, результативными оказались и его проблемные комиссии. В их числе были комиссии по физиологии пищеварения, физиологии питания, физиологии почки и водно-солевого обмена и др. Ежегодно с середины 1960-х годов проводились конференции и научные школы по этим проблемам; они проходили в разных союзных республиках, продолжались по 7–10 дней, на каждую сессию приезжало по 300–400 участников. При реорганизации АН СССР в РАН по рекомендации Общего собрания Отделения физиологии от 22 марта 1993 г. был организован Научный совет РАН по физиологическим наукам. Первая сессия нового совета

состоялась в Санкт-Петербурге в декабре 1993 г., а следующая — в июле 1994 г. — была посвящена проблеме “Молекулярная физиология”. Она прошла на базе Петрозаводского государственного университета в Карелии. В ней участвовали известные отечественные физиологи академики РАН О.Г. Газенко, П.Г. Костюк, П.В. Симонов, иностранные члены РАН, в том числе президент Международного союза физиологических наук профессор М. Ито, учёные из США, Германии, Финляндии.

ФИЗИОЛОГИЯ: ЕЁ МЕСТО В НАУКАХ О ЖИЗНИ И ПРОБЛЕМАТИКА

В конце XX и в начале XXI в. был достигнут большой прогресс в разных областях наук о жизни [7, 8]. Очевидно выдающееся значение новых направлений — биоинформатики, молекулярной генетики, молекулярной биологии — в познании механизмов явлений жизни. Физиология представляет собой ещё один уровень исследований мира живых существ. Этот уровень предполагает проникновение в молекулярные основы осуществления функций и их регуляции в условиях целостного организма, объяснение того, как из молекулярных элементов строятся системы, многоклеточные организмы, осуществляется регуляция их функций, обеспечивается синхронизация физиологических процессов [9]. Подобная конструкция живого позволяет понять, как зарождаются физиологические системы целостного организма, совершенствуются процессы адаптации, обеспечивается организация живых систем, как создаются условия для рождения мысли, искусства, того, что отражает творческое начало во всей многозначности и величии этого слова [10]. Изучение физиологических механизмов этих явлений — одна из задач физиологии.

Физиология — одна из ветвей фундаментальной науки, а наука, для того, кто живёт ею, — это сотворение чуда познания. Она синоним творчества, в ней растворяется автор, сохраняя себя. Каждое поколение исследователей творит науку, строит новое на плечах титанов предшествующих эпох. Физиология едина, её компонентами являются функции каждой из систем живого существа — нервной, сердечно-сосудистой и т.д.; неблагоприятие любой из систем чревато ослаблением целого и его составляющих. Достижения в каждом разделе физиологии питают целое. Отдельные разделы физиологии часто описываются двумя терминами — “физиология” и “эпитет”; последний относится к разным разделам этой науки, например, можно говорить о медицинской физиологии, физиологии микроорганизмов, физиологии растений и т.п. (табл. 1).

Живые организмы имеют форму, отличаются своеобразием функций, химизмом. Их изучением

Таблица 1. Физиологические науки

Разделы физиологии	Физиологические науки
Физиология групп организмов	Физиология человека
	Физиология животных
	Физиология простейших
	Физиология микроорганизмов
	Физиология растений
	Физиология рыб
Физиология систем	Физиология дыхания
	Физиология сенсорных систем
	Физиология пищеварения
	Физиология иммунной системы
	Физиология кровообращения
	Физиология крови (гематология)
	Физиология эндокринной системы
	Физиология размножения
	Физиология почки
	Физиология нервной системы
Физиология состояний, адаптаций	Физиология экологическая
	Физиология возрастная
	Физиология эволюционная
	Физиология гравитационная
	Физиология спорта
	Физиология труда

занимаются науки о строении живых существ — анатомия, гистология, микроанатомия, каждая из которых использует широкий спектр методов. Органы тела обладают набором функций, которые лежат в основе проявлений жизни — от вегетативных функций (пищеварение, дыхание) до высших функций мозга (сознание, разумная деятельность во всей её широте). Теоретически важно определить уровень *морфо-функциональной организации особи* — именно этим занимается физиология. Полагаю, что первый уровень выполнения функций организма, способного к самостоятельному существованию, — это клетка со всеми субклеточными компонентами, а высший — особь, если речь идёт о многоклеточном существе [11]. Высказываются иные точки зрения, когда к низшему физиологическому уровню относят субклеточные образования (митохондрии, рибосомы и др.), а к высшему — сообщество, экосистему [12]. Однако физиологически особью,

способной к независимой жизни, является клетка, микроорганизм, простейшее, например инфузория, а высшей формой жизни — многоклеточная особь, будь то человек, моллюск или насекомое, но не экологическое сообщество, хотя существо живёт во внешней среде и тесно связано с ней.

Физиология занимается изучением *функций живых организмов*, в этом её роль в системе наук [13, 14]. Её назначение состоит в выяснении организации, форм проявления, механизмов регуляции каждой из функций. Функциональная деятельность организма включает питание, пищеварение, дыхание, размножение, кровообращение, выделение — естественно, перечень можно продолжить; необходимо разносторонне исследовать механизмы реализации каждой из функций, способы их регуляции. Для этого применяют широкий набор методов исследования, включая методы молекулярной биологии и молекулярной ге-

нетики, биоинформатики, изучения поведения. Важно не только вникнуть в природу явлений жизни на каждом уровне, но и попытаться установить, как реализуется система регуляции такого сложнейшего образования, как организм, невероятно обширный по разнообразию и числу компонентов, регуляторных молекул, а также выяснить, как обеспечивается *целостность организма* и взаимодействие его частей [15]. На этой основе, по крайней мере в отношении человека, физиология сотрудничает с психологией в попытке распознать, как возникает сознание и осознание, как формируется мысль, каким образом она рождается. Все эти проблемы обретают новые очертания, новое значение в связи с интересом к изучению искусственного интеллекта.

Использование методов естественных наук обеспечило прогресс в понимании природы функций организма. Физиология развивалась, применяя методы биохимии и биофизики, молекулярной биологии и генетики, что легло в основу познания механизмов физиологических функций. В этом случае можно говорить о *преходящем в непреходящем*. Новые методы исследования, иными словами, переходящие способы познания живого, дают плоды нового знания, что приводит к построению непреходящего — фундаментальной науки, пониманию основ функций живых существ. Наряду с естествознанием развиваются гуманитарные науки. Язык велик, благодаря многим поколениям носителей языка шлифуются термины и в итоге они строго и точно характеризуют явления внутреннего и внешнего мира. Центральное место в естествознании занимает наука о физических основах мироздания — физика, а в понимании природы функций живого — физиология. В обоих случаях в языке использован один и тот же корень слова — *physis*, природа. Оказалось, что развитие языка, его эволюция основаны на тех же принципах, что и эволюция физиологических систем [16].

Разветвилось древо науки, одна за другой формировались новые ветви единого ствола. Подобное наблюдалось и в истории развития физиологии. Спустя два века после публикации У. Гарвея, которая стала вехой в становлении физиологии как самостоятельной науки (1628), в XIX в. в связи с развитием химии и физики появились исследования физических и химических механизмов физиологических функций. На рубеже XIX—XX вв. от физиологии отпочковывается физиологическая химия и формируется биохимия, параллельно происходит проникновение в природу физических основ функций, что приводит к развитию биофизики. В середине XX в., особенно во второй его половине, благодаря молекулярной биологии и генетике был достигнут прорыв в понимании молекулярных основ физиологических функций, и это позволило глубже проникнуть в

механизмы функций, а значит, огромный вклад был внесён в развитие медицины. Понимание природы изменений генома, которые приводят к отклонениям в структуре белков и реализации функций, стало стимулом к разработке клинических методов диагностики наследственных болезней, обусловленных нарушениями в том или ином гене, открыло новую главу медицины, касающуюся природы орфанных заболеваний.

Интересные идеи о соотношении молекулярной биологии и современной физиологии недавно высказал академик Е.Д. Свердлов [17]. По его мнению, проблеме особи, человека следует рассматривать не только через геном, но, так сказать, издали, когда виден не один ген, а их сочетание, которое воссоздаёт организм как целое; благодаря этому появляется возможность изучать человека и характеризовать факторы, которые обуславливают его становление. Геном предстаёт как фундамент реализации потенций особи, в то же время видны моментальные реакции взаимодействия систем регуляции организма, возникающие на базе его структур, но функционирующие независимо друг от друга. Разные реакции особи на один и тот же раздражитель определяются интегрированием комплекса действующих в данное мгновение факторов регуляции, а потому поведение отличается даже у однояйцевых близнецов.

Рассмотрим простую, но, к сожалению, реальную ситуацию. У некоторых детей ночью возникает непроизвольное мочеиспускание, ночной энурез. При выяснении причин и физиологических механизмов этой болезни оказалось, что во время эпизода энуреза в почке на начальном этапе образования мочи скорость первого этапа (клубочковая фильтрация) остаётся прежней, а объём реабсорбируемой в канальцах осмотически свободной воды возрастает, и одновременно усиливается диурез. Первая реакция специалиста на обнаружение данной зависимости: это невозможно, так как диурез (объём выделяемой мочи) по существующим представлениям равен разности между объёмом клубочковой фильтрации жидкости и величиной её канальцевой реабсорбции. Однако наши исследования показали, что в данном случае реализован другой, прежде неизвестный механизм: клубочковая фильтрация не меняется, но происходит перераспределение реабсорбции жидкости внутри почечного канальца — в одном отделе нефрона она уменьшается, в другом — растёт. На этот процесс влияет регуляторный фактор, который образуется в этот момент в самой почке и обуславливает одну из форм патологии, меняет функцию отдельных частей почки, и в итоге развивается заболевание — ночной энурез. Полученные данные позволили разработать эффективный способ лечения этой болезни.

Таблица 2. Взаимосвязь физиологии и медицины

Разделы физиологии	Медицинские науки
Физиология нервной системы	Неврология
	Психиатрия
	Нейрохирургия
Физиология сенсорных систем	Офтальмология
	Оториноларингология
Физиология кровообращения	Кардиология
	Кардиохирургия
Физиология пищеварения	Гастроэнтерология
Физиология выделения	Нефрология
	Урология
Физиология эндокринной системы	Эндокринология
Физиология размножения	Андрология
	Акушерство
	Гинекология
Физиология иммунной системы	Инфекционные болезни
	Аллергология
Физиология кожи	Дерматология
Физиология лёгких	Пульмонология
Физиология крови	Гематология
Физиология полости рта	Стоматология

Физиология позволяет понять природу многих явлений на основе представлений об организации функций в целостном организме. В структуре каждой из клинических дисциплин имеется раздел физиологии данной системы (табл. 2), работает правило Розенберга — целое больше, чем сумма его частей. Реализация принципа целостности [15] даёт возможность поиска недостающих элементов при построении образа каждой функции. Это имеет значение для решения фундаментальных проблем медицины, поскольку таким образом удаётся найти недостающие детали в системе, а затем обнаружить конкретный локус повреждения функции. Кроме того, физиологические методы позволили выявить новые регуляторные системы. Речь идёт о начале XX в., когда было установлено существование наряду с нервной системой и эндокринной системы, а затем клеток в различных органах, функция которых связана с образованием физиологически активных веществ (инкретины, аутокоиды) [14].

Неизменно поражает воображение точность физиологических регуляций, в которых одновре-

менно участвует много элементов, синхронно осуществляются функции большого числа клеток. Один пример — общее количество Na^+ в организме мужчины с массой тела 70 кг составляет около 5000 ммоль, в том числе обмениваемый Na^+ включает 2835 ммоль, для K^+ — 3350 и 3367 ммоль соответственно [18]. Объём внеклеточной жидкости у молодых мужчин в возрасте 16–30 лет достигает 15.6%, то есть при массе тела 70 кг 10.6 л. При среднем значении концентрации Na^+ во внеклеточной жидкости 139 ммоль/л общее содержание Na^+ во всей внеклеточной жидкости ~1517 ммоль, ионов K^+ 42.4 ммоль. Из этого следует, что весь обмениваемый Na^+ тела в течение суток фильтруется в клубочках почек 8.5 раза. В то же время экскретируемый почкой в течение 24 ч Na^+ составляет всего лишь 0.56% от огромной величины профильтрованного натрия в клубочках. Простой расчёт показывает, что основное назначение почек у человека состоит не в выделении, а в *возвращении* в русло крови идеальной по составу и концентрации каждого компонента жидкости. Подобно ионам натрия и калия в клубочках почек

фильтруется большая часть элементов таблицы Менделеева, которые тотчас возвращаются в нужном количестве в кровь. Так обеспечивается постоянство состава жидкостей внутренней среды организма. На это тратится огромная энергия, но достигается главное — *постоянство состава крови*, стабильность условий для эффективной работы всех клеток организма. Кровоток почек у человека выше, чем мозга, и эти колоссальные энергозатраты нужны для создания идеальной по составу среды, прежде всего для интеллектуальной деятельности. Отсюда следует необходимость решения фундаментальных проблем науки для выяснения механизмов работы систем трансмембранного транспорта и его регуляции, рецепции каждого вещества для точного измерения рецепторами его количества в крови. Все химические элементы, которые необходимы организму, надо вернуть в кровь из просвета нефрона, а лишние должны быть удалены и не будут всасываться. Это показывает, как важна работа почек при потреблении с пищей или напитками избытка того или иного вещества. При патологии возникают симптомы нарушения функций почек, появляются отёки, изменяется сократительная способность мышц и т.д.

КАСКАДНАЯ СИСТЕМА РЕГУЛЯЦИИ

Наши новые исследования выявили ещё одну систему защиты организма от влияния быстрого поступления в кровь избытка воды, органических и неорганических веществ при чрезмерном питье жидкости или потреблении излишней пищи, роль в этой системе инкретина (глюкагоноподобного пептида 1 — ГПП-1) [19]. Оказалось, что он участвует в регуляции не только углеводного, но и водно-солевого обмена. При обследовании здоровых людей нами было показано, что после питья воды происходит секреция в кровь ГПП-1, в том же большом количестве, что и при потреблении сахара. Почка чувствительна к ГПП-1, этот гормон вызывает перераспределение реабсорбции жидкости в канальце, ускоряет выведение воды, так нормализуется осмоляльность крови. Физиологический смысл этого явления состоит в том, что почка обеспечивает и углеводный, и осмотический гомеостаз. После питья воды и её всасывания в кровь снижается осмоляльность сыворотки крови, в этот момент клетки тела имеют исходно более высокую концентрацию осмотически активных веществ, и вода движется через плазматическую мембрану внутрь клетки, объём которой увеличивается, она набухает. Это касается всех клеток, включая клетки нервной и сенсорных систем. Осморецепторы реагируют на подобную ситуацию, сигнал поступает в гипоталамическую область мозга, снижается секреция вазопрессина, уменьшается осмотическая прони-

цаемость эпителия канальцев почек и растёт экскреция осмотически свободной воды, нормализуется осмоляльность крови. Обычно при измерении концентрации ГПП-1 учитывают его роль в регуляции углеводного обмена, в действительности, она гораздо шире, что имеет важное клиническое значение. Таких ситуаций много, разработка проблем физиологии необходима клиницисту при проведении дифференциальной диагностики заболеваний.

Полученные данные свидетельствуют, что изучение молекулярных механизмов жизненных явлений, безусловно, должно сопровождаться системным подходом в физиологии. Важно понять взаимодействие частей в целом, обеспечить проникновение в суть реального значения систем регуляции для выполнения каждой функции. Ежедневно человек или животное должны потреблять только необходимое количество жидкости и продуктов для обмена веществ. При поступлении в организм избыточного количества пищи или воды необходимо быстро удалить их из крови. Избыток воды, попадая из кишки в кровь, приведёт к набуханию клеток и их дисфункции. Хорошо известно, что во многих случаях человек или животное вырабатывает условный рефлекс, который защищает при повторном влиянии вредоносного фактора. Результаты наших экспериментов на животных и обследований человека показали, что система с участием ГПП-1 действует по типу защитного безусловного рефлекса. При растяжении желудка надуванием резинового баллончика как имитации питья воды стимул передаётся к L-клеткам кишки, и они начинают секретировать ГПП-1. Гормон поступает в кровоток, достигает почек и способствует ускоренному выделению воды из организма. Тем самым удалось установить ещё один каскад физиологических реакций, с помощью которых нивелируется вредное действие избытка воды на человека.

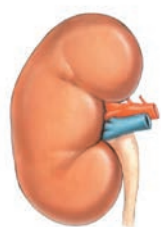
Многосложность физиологии как науки трудно осознать в полной мере. В живой природе особь, тело которой состоит из многих миллиардов клеток, приспосабливается к среде и находит решение бесчисленного числа возникающих проблем. Как оценить реальную сложность организации живого существа, если, например, сопоставляется инфузория, у которой весь организм — одна клетка, вмещающая полный набор жизненных функций, и крупная особь — человек, слон или кит, в организме которой объединено множество клеток? Такой организм представляет собой “многоголосый оркестр”, под руководством единого центра обеспечивающий слаженную работу трудно измеримого числа клеток.

Обсуждение этой поистине многоплановой проблемы касается фундаментальных вопросов физиологии как науки и того, что каждая новая

ОРГАНЫ



ЛЁГКИЕ



ПОЧКА



Физиологические функции лёгких и почек. Рисунок Ю.В. Наточина и Е.В. Балботкиной



Памятник иностранному члену Императорской Санкт-Петербургской академии наук Клоду Бернару в Париже. Фото Ю.В. Наточина

эпоха вносит в её архитектуру. (Термин “архитектура” применительно к физиологии около века назад использовал Дж. Баркрофт [20]). Принципы физиологии сближаются с общими положениями философии, касающимися проблем развития, эволюции. Они встроены в фундамент эволюционной физиологии (термин предложен А.Н. Северцовым в 1914 г.). В разработку соответствующей проблематики большой вклад внесли советские физиологи Х.С. Коштыянец, Л.А. Орбели, Е.М. Крепс. Именно они разработали общие принципы эволюционной физиологии, получили новые факты, и это нашло отражение в понимании эволюции функций почки, физиологии водно-солевого обмена. Эти принципы оказались применимы в далёких от физиологии науках — филологии, информатике, инженерном деле.

ПОЧКА — ИСТИННОЕ НАЗНАЧЕНИЕ

В школьных учебниках, в обыденном сознании почку рассматривают только как орган выделения. В действительности и почки, и другие органы выполняют несколько разных функций.

Чтобы обеспечить высокую эффективность работы каждой клетки организма, необходима идеальная по физико-химическим характеристикам внеклеточная жидкость, которая омывает все

клетки, то есть внутренняя среда организма. Идею о физиологическом значении такой среды высказал французский физиолог К. Бернар (1813—1878), который был избран иностранным членом Петербургской академии наук в 1860 г.

В поддержании гомеостаза — физико-химического постоянства жидкостей внутренней среды — ключевая роль принадлежит почкам. Цифры поражают воображение: у человека в сутки в сосуды почки притекает более 1 т крови, канальцы почки фильтруют около 180 л безбелковой жидкости (фильтрата) и почти 178 л тут же всасывается в кровь, а выделяется немногим более 1 л [13, 14]. В начале XX в. физиологический механизм образования мочи в почках объясняли тем, что в клубочках почек (их у человека около 2 млн) фильтруется безбелковая жидкость, в канальцах из неё всасываются нужные организму вещества, а ненужные удаляются. Молодые английские физиологи того времени нередко проводили время в дискуссиях в барах, как описывал позднее выдающийся физиолог Дж. Баркрофт [20]. По их мнению, природа не могла создать “бессмысленную” систему в почке — фильтровать кровь и тут же всасывать обратно профильтрованные вещества. Зачем это нужно? Одному из ведущих английских физиологов тех лет Дж. Лэнгли мысль о параллельной фильтрации/реабсорбции казалась из-

быточно “громоздкой”, он заявлял, что это слишком сложно, на что Баркрофт ответил: “В конце концов это не сложнее, чем сама почка” [20, с. 270]. Сегодня очевидно, что работа почек включает и фильтрацию, и реабсорбцию, что почка — орган сохранения *идеальной внутренней среды организма*.

Век спустя выяснены молекулярные механизмы фильтрации и реабсорбции веществ в почке. Физиологический смысл этих процессов состоит в том, чтобы возвращать в кровь идеальную по составу внутреннюю среду организма. Никто не знает, что окажется излишним, почка фильтрует всё, но возвращает только нужное, ненужное удаляется.

ФИЗИОЛОГИЯ – ФУНДАМЕНТ МЕДИЦИНЫ

Подобно функции почек описана деятельность и других физиологических систем — нервной, кровообращения, дыхания, пищеварения, а также проблем регенеративной медицины. Физиология наряду с такими классическими науками, как физика, химия, генетика или зоология развивается, используя новые методы и достижения других наук, формирует представление об организации функций в организме как целом. Физиология служит фундаментом развития медицины и всего комплекса связанных с ней наук (см. табл. 2). Всё более глубокие знания, интегрируемые физиологией, позволяют понять природу и механизмы физиологических функций, точнее диагностировать причины отклонений. Речь идёт не о поглощении физиологией других наук, а о логике познания. Назначение физиологии — прояснить структуры изучаемого органа и регуляцию его функций, понять, что происходит в организме в экстремальных условиях или при патологии.

Медицина — одна из наук, использующих фундаментальные закономерности, расшифрованные физиологией. В настоящее время вновь усилился интерес к проблемам персонализированной медицины. (Уже забыто, что индивидуальный подход был “визитной карточкой” классической медицины в России в XIX в. А ведь ещё С.П. Боткин утверждал, что надо лечить больного, а не болезнь.) Естественно, методы молекулярной генетики открыли новые перспективы персонализированной медицины. Новое в развитии физиологии в наше время связано с фантастическими возможностями, которые открылись благодаря использованию методов молекулярной биологии и молекулярной генетики. Теперь очевидно, как важно учитывать не только генотип, но и регуляторные возможности фенотипа, определяющие его сиюминутное состояние. Не вызывает сомнений необходимость лабораторной диагностики, позволяющей определять значение того или иного параметра, пределы низших и высших границ нормы. Но нужен следующий

шаг — понимание *состояния регуляторных систем*, их влияния на реализацию конкретной функции.

Физиология занимается изучением механизмов деятельности различных органов и систем, имеет ключевое значение при выяснении природы каждой из функций в норме, у здорового существа. С её помощью удаётся сформулировать основы здорового образа жизни, понять природу отклонений, создать предпосылки для ответа на вопрос о природе патологии. При таком подходе к сути науки современные физико-химические методы естествознания становятся в том числе и методами физиологии. Это утверждение может быть расценено как *физиологоцентризм*, но оно точно отражает роль этой науки в естествознании, её значение для медицины, наряду с экологией и эволюционной биологией. На примере связи этих наук с физиологией удаётся понять и сформулировать условия возникновения функций у первых живых существ, само явление происхождения жизни, этапы эволюции функций [11].

* * *

Как известно, ключевую роль в жизни организмов имеет адаптация, приспособление к разным условиям жизни. Но как живые организмы приспосабливаются к изменяющимся обстоятельствам, что меняется в них самих под влиянием внешних условий, какие механизмы обеспечивают приспособляемость? В ответ на необходимость понять принципы адаптации живого организма к внешней среде, экосистеме была разработана экологическая физиология. Новые грани обрела физиология в связи с освоением космического пространства (космическая и гравитационная физиология, физиология экстремальных состояний), мирового океана, развитием физиологии водных организмов, подводного дела (гипербарическая физиология). Физиологи внесли большой вклад в решение проблем пилотируемой космонавтики, проникновения человека в тайны морских глубин, адаптации к экстремальным условиям обитания.

В отдельную группу необходимо выделить физиологию, имеющую значение для медицинской практики, различных форм деятельности человека. К ней относятся физиология спорта, психофизиология, физиология различных органов, которая предваряет понимание процессов, которые лежат в основе тех или иных форм патологии.

Один из разделов физиологии, особенно физиологии человека, связан с расшифровкой природы речи, сознания. Это требует тесной связи с гуманитарными науками (филология, лингвистика), психологией, а также с физикой звука (акустика), предполагает сопоставление естественных и искусственных информационных систем.

Физиология человека стремится вникнуть в механизм рождения мысли, а в сфере искусства — в соотношение ума и чувств. Речь идёт о широком осмыслении проблемы, о возникновении и оформлении мысли, художественного образа, а не о воспоминании. Мысль осеняет внезапно, во сне или наяву, она ещё не оформлена, рыхла, только остов, только сама идея. Затем следует попытка встроить её в имеющиеся образы, обосновать, в эксперименте проверить её истинность. Это справедливо не только для разных наук, но и для искусства. Сначала идея, затем набросок и уже потом долгий путь к картине или литературному произведению, как в науке — к гипотезе, затем стройной концепции и, наконец, к теории. Задумываясь об эволюции живописи, можно обнаружить её удивительное сходство с развитием классических наук: примитивное искусство, непрестанное его усложнение, реализм, импрессионизм, усиление образа — экспрессионизм и т.д. Говоря о науке и искусстве, необходимо отречься от расхожего представления об их принципиальных различиях, попытаться следовать синтетическому подходу, искать элементы сходства. Примитивное изобразительное искусство первобытного общества сменяется великими творениями скульпторов Греции и Рима. А возникший в конце XIX в. импрессионизм с его стремлением уловить ускользающее впечатление (*impression*), оживить образ светом, как известно, сначала не был воспринят академическим сообществом всерьёз, но вскоре покорила всю Европу и стимулировала волну новых направлений в искусстве.

Возвращаясь к науке, нельзя не заметить, что успехи биологии за последние десятилетия намного превосходят представления научной фантастики середины XX в., когда зародилась молекулярная биология. В частности, теперь мы можем создавать белки с заданной структурой и функцией, и задача физиологии в новом мире — понять значение и возможности применения новых белков, использования генно-модифицированных организмов, новых лекарств и новых пищевых продуктов.

Возникающие вопросы требуют ответа как в общем виде — решение задач фундаментальной науки, так и в частности, то есть в рамках её приложений. Сохраняет и, думаю, сохранит в будущем своё значение физиологическое осмысление роли каждого элемента организма как целостного образования. В этой связи особое значение приобретает проникновение в природу физиологических регуляций: спрашивается, как обеспечиваются точные, строго выверенные реакции организма, состоящего из миллиардов клеток?

Позволю себе завершить обзор словами академика Е.Д. Свердлова, по мнению которого, мы должны стремиться понять, как наше сознание

пришло к такой высокой организации, чтобы начать исследование нашего собственного существования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Наточин Ю.В.* Три века истории физиологии в Российской академии наук // Вопросы истории естествознания и техники. 2022. № 1. С. 82–100. <https://doi.org/10.31857/S020596060018972-1>
2. *Колчинский Э.И.* (отв. ред.) Во главе первенствующего учёного сословия России. Очерки жизни и деятельности президентов Императорской Санкт-Петербургской Академии наук. 1725–1917 гг. СПб.: Наука, 2000.
3. *Ланге К.А.* Развитие и организация физиологической науки в СССР. Очерки. Л.: Наука, 1978.
4. *Коштынец Х.К.* Очерки по истории физиологии в России. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1946.
5. Научная сессия, посвящённая проблемам физиологического учения академика И.П. Павлова. 28 июня–4 июля 1950 г. Стенографический отчёт. М.: Изд-во АН СССР, 1950.
6. *Лейбсон Л.Г.* Леон Абгарович Орбели. Л.: Наука, 1973.
7. *Кирпичников М.П.* Науки о жизни и вызовы XXI в. СПб.: СПбГУП, 2010.
8. *Скотт Г.* Биология развития / Пер. с англ. СПб.: Информ-Планета, 2010.
9. *Наточин Ю.В.* От квантовой к интегративной физиологии // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2010. № 11. С. 1043–1061.
10. *Черниговская Т.В.* Чеширская улыбка кота Шрёдингера: язык и сознание. М.: Языки славянской культуры, 2013.
11. *Наточин Ю.В.* Проблемы эволюционной физиологии водно-солевого обмена / Чтения памяти акад. Л.А. Орбели. Л.: Наука, 1984.
12. *Уголев А.М.* Эволюция пищеварения и принципы эволюции функций: Элементы современного функционализма. Л.: Наука, 1985.
13. *Шмидт Р.Ф., Ланг Ф., Хекманн Ф.* (ред.) Физиология человека с основами патофизиологии. В 2 т. 31-е изд. М.: Лаборатория знаний, 2019.
14. *Гайтон А.К., Холл Дж.Э.* Медицинская физиология. М.: Логосфера, 2008.
15. *Наточин Ю.В.* Целостность // Журнал высшей нервной деятельности. 2018. № 6. С. 775–787. <https://doi.org/10.1134/S0044467718060060>
16. *Natochin Yu., Chernigovskaya T.* From archebiosis to evolution of organisms and informational system // Bio. Comm. 2020. № 3. P. 215–227.
17. *Свердлов Е.Д.* Взгляд на жизнь через окно генома. Т. 1. М.: Наука, 2009.
18. *Hays R.M.* Dynamics of body water and electrolytes // Clinical disorders of fluid and electrolyte metabolism / Eds. M.H. Maxwell, C.R. Kleeman. NY.: McGraw-Hill, 1972.
19. *Наточин Ю.В., Марина А.С., Шахматова Е.И.* Каскадная система регуляции осмотического гомеостаза // Доклады АН. Науки о жизни. 2020. № 1. С. 77–80.
20. *Баркрофт Дж.* Основные черты архитектуры физиологических функций. М.-Л.: Биомедгиз, 1937.

МИГРАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ СОЦИАЛЬНЫХ ДИСБАЛАНСОВ

© 2023 г. И. П. Цапенко^{а,*}

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

*E-mail: tsapenko@bk.ru

Поступила в редакцию 21.01.2023 г.

После доработки 30.01.2023 г.

Принята к публикации 05.02.2023 г.

Социальные дисбалансы служат причиной или лежат в основе практически всех миграций населения. Ввиду разнообразия и многомерности обоих процессов, множественности каналов их взаимодействия, встроенности в более крупные общественные тренды и наложения других факторов подобное влияние нелинейно, неоднопланово, подчас неоднозначно. Тем не менее при рассмотрении дисбалансов в подобной миграционной оптике обнаруживается сопряжение их динамики с изменениями интенсивности, характера и направлений людских потоков. Во-первых, с тенденцией к сглаживанию глобального неравенства в доходах в условиях кризиса глобализации и других общественных сдвигов связано смещение восходящей динамики мобильности к скорее колебательной, подчас даже нисходящей. Во-вторых, при сохранении за социально-экономическими дисбалансами доминирующей роли в передвижениях населения повышается значимость социально-политических различий государств, особенно разрывов в безопасности условий жизни. Это проявляется в увеличении доли беженцев и лиц, ищущих убежища, в общей массе мигрантов. В-третьих, на фоне продолжающегося главенствования глобальной асимметрии мирового развития в определении миграционных магистралей усиливается действие дисбалансов регионального уровня, в контексте которого происходят подвижки в географии миграции, в частности, более интенсивное расширение миграционных коридоров между странами Юга в сопоставлении с другими маршрутами и мощный всплеск вынужденной миграции в Европе.

Ключевые слова: социальные дисбалансы, неравенство, дифференциация доходов, различия в безопасности жизни, международная миграция населения, факторы, динамика и география миграционных потоков, вынужденные перемещения.

DOI: 10.31857/S0869587323030131, EDN: SISQWR

Изменения в системе мироустройства сопряжены с нарастанием неравномерности и дефицита слаженности в развитии социальных процессов, обострением ряда социальных диспропорций и прочих деформаций и противоречий современных обществ. Подобные негативные

тенденции усиливаются в нынешних условиях общей турбулентности на планете. Типичные для нашего времени эскалация политической нестабильности и конфликтности, повышение экономической неустойчивости, учащение экстремальных погодных явлений и неблагоприятные климатические изменения способны не только усугублять действие существующих структурных различий, но и порождать новые, в том числе временные диспаритеты, связанные с эпидемиями, природными бедствиями, войнами и т.п.

«“Эпидемическое” распространение кризиса в социальной сфере ведёт к тому, что напряжение и дисбалансы ощущаются по всем направлениям — страны и регионы, объекты социального управления, отдельные социально-демографические группы» [1, с. 140]. То есть в разбалансированности социальных процессов всё отчетливее проступают



ЦАПЕНКО Ирина Павловна — доктор экономических наук, заведующая сектором ИМЭМО РАН.

пают черты системности. Более того, как отмечается в докладе Программы развития ООН (ПРООН), посвящённом неравенству в современном мире, “то, что мы наблюдаем сегодня, — это гребень волны неравенства” [2, с. iii].

Эти сдвиги совпадают по времени с масштабными, зачастую резкими изменениями в международной миграции населения, побуждая искать связи между ними. Требовал исследования ряд вопросов. Что, собственно, понимается под термином “социальный дисбаланс”? Каковы механизмы влияния дисбалансов на миграцию? Как сказываются на интенсивности потоков масштабы и динамика дисбалансов в условиях радикальных изменений в мире? Как соотносятся подвижки в географии потоков с дисбалансами разного территориального уровня?

В настоящей статье поиск ответов на эти вопросы осуществляется с опорой на положения известных теорий миграции, результаты методологических разработок и эмпирических исследований отечественных и зарубежных специалистов в области социальных дисбалансов и миграции. В работе использованы данные статистики международных организаций (Отдела народонаселения Департамента по экономическим и социальным вопросам ООН, Управления Верховного комиссара ООН по делам беженцев (УВКБ), Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) и др.), оценки экспертов в области миграции и социального неравенства, а также результаты собственных расчётов автора.

ТРАКТОВКИ ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ

Хотя термин “социальный дисбаланс”, ёмкий и динамичный по коннотации, уже широко вошёл в научный оборот, его значение пока не устоялось. Российские авторы толкуют это словосочетание по-разному. Например, как несинхронность и разновекторность, или рассогласованность трендов социального развития общества [3, с. 39]. Либо как некоторое состояние общества, совокупность внутренних и внешних противоречий которого не даёт ему развиваться стабильным, предсказуемым образом [4, с. 1]. Или как “достигшие критических масштабов... диспропорции в структуре, тенденциях развития, интересах, отношениях, механизмах взаимодействия, качественных характеристиках... системы на разных её иерархических уровнях” [5, с. 7].

Опираясь на подобные трактовки, социальный дисбаланс можно определить как *социальную динамику, отклоняющуюся в негативную сторону от нормальной или нормативной траектории и характеризующуюся явным недостатком или отсутствием связанности и стройности, несовпадением*

векторов, подчас разнонаправленностью развития отдельных сфер и других слагаемых общества. Этот термин можно интерпретировать и в качестве социального состояния, вызванного подобной динамикой — как серьёзные асимметрии и несоответствия между отдельными элементами структуры общества и в целом неравновесие, дисгармония и дезинтеграция социума. А это чревато накоплением в социуме конфликтного потенциала, “генерированием сейсмической энергии, выброс которой неизбежно... произойдёт” [6, р. 30].

При оценке влияния тех или иных факторов на миграцию широко применяются данные об аккумулярованной численности международных мигрантов на определённую дату, обычно на конец года. В соответствии с рекомендациями ООН 1998 г. по ведению статистики международной миграции населения международными мигрантами считаются лица, сменившие страну обычного проживания¹. А в статистической практике ООН к ним обычно относят лиц, родившихся за пределами страны проживания². Накопленная за относительно продолжительный период массовая численность мигрантов из одной страны, проживающих в другой, может указывать не только на устойчивые связи между этими государствами, но и на долговременные разрывы в их социальном развитии и положении или на структурные, возможно, хронические, дисбалансы.

Однако более чутким индикатором изменений в условиях жизни в разных странах служат объёмы и динамика миграционных потоков, демонстрирующих быстроту, хотя и нередко кратковременность реагирования на текущие сдвиги в процессах расслоения в государствах, в том числе на возникновение новых очагов нестабильности и дифференциации. Согласно Руководству ООН 2017 г. по статистике миграции, миграционные потоки определяются как совокупность мигрантов, въезжающих в определённую страну или выезжающих из неё (то есть как число людей, меняющих страну обычного проживания) в течение определённого периода, обычно года [7, р. 10]. ООН ведёт на постоянной основе сводную статистику численности (“накопленных запасов”) международных мигрантов, проживающих за пределами стран происхождения, которая охватывает практически все страны. Однако официальные общемировые данные по людским потокам пока отсутствуют. Подобная информация собирается преимущественно по странам гло-

¹ Проживающие за пределами страны происхождения от 3 до 12 месяцев считаются краткосрочными мигрантами, более года — долгосрочными.

² Инструкция ООН 2017 г. по измерению миграции предлагает изменить дефиницию международных мигрантов, ограничив их круг лицами, находящимися более года за пределами страны обычного проживания [7].

бального Севера (ОЭСР, Евростат и ООН), в том числе России (Росстат), либо по отдельным потокам, в частности, вынужденным (УВКБ ООН, Центр мониторинга внутреннего перемещения).

Учитывая недостаток надёжной сопоставимой статистики мировых миграционных потоков³, об их масштабах и динамике также можно судить по аналоговым (прокси) показателям нетто-миграции и сдвигов в численности мигрантов в целом и их отдельных групп. Подобные “непрямые”, скорее косвенные, индикаторы потоков фактически результируют входящие и исходящие, в том числе возвратные, потоки и отражают изменения в статусе конкретных когорт приезжих.

МЕХАНИЗМЫ ВЛИЯНИЯ СОЦИАЛЬНЫХ ДИСБАЛАНСОВ НА МИГРАЦИЮ

Миграционная теория объясняет передвижения населения разными причинами. Так, положение неоклассического учения об обусловленности сбалансированного роста эффективным использованием факторов производства предполагает, что перемещения рабочей силы определяются территориальной дифференциацией цен на неё (М. Тодаро, Дж. Харрис, Дж. Тэйлор и др.) [10]. В структуралистской концепции зависимого развития миграция служит отражением отсталости и неравного положения в мире его менее развитой части (А. Франк, П. Баран). Рассматриваемое с такой позиции “голосование ногами” предстаёт как ответная реакция населения на несправедливость современного мироустройства [4, с. 8]. Но, пожалуй, основополагающей в этой области стала предложенная американским социологом-функционалистом Е. Ли теория факторов выталкивания и притяжения, в основе действия которых, по сути, лежат те или иные территориальные различия, под влиянием информации о которых индивид принимает решение о миграции.

Дальнейшее развитие миграционной теории, в том числе в трудах таких известных исследователей, как Дж. Борхас, Х. де Хаас, Д. Мэсси, Р. Скелдон и др., способствовало утверждению в качестве её мейнстрима представлений о том, что ключевыми детерминантами и движущими силами массовых передвижений населения служат многоплановые различия в экономическом, социальном, политическом развитии и положении

государств и их групп. Миграция видится “могущественным символом неравенства между странами” [11, р. 1] и следствием последнего.

Хотя упомянутые теории не дают универсального объяснения всего многообразия людских передвижений, объединяющее в методологическом плане эти теории видение разного рода *дисбалансов* в качестве главных причин миграции побуждает рассмотреть этот вид мобильности в оптике различий и деформаций. “Международная миграция служит мощным выражением желания людей улучшить жизненные условия в мире большого неравенства... поиск лучшей доли стоит почти за любой конкретной миграционной историей” [12, р. 129], будь то стремление получить престижное образование, хорошо оплачиваемую работу и возможности полноценной профессиональной реализации, воссоединиться с семьёй, обеспечить достойное будущее детям, покинуть зоны конфликтов и природных катастроф и т.п. С позиции подобного подхода, миграции практически всегда происходят под влиянием тех или иных дисбалансов. И это в целом определяет магистральную направленность движения населения из бедных, неблагополучных и нестабильных регионов в более богатые, благополучные и стабильные.

Ключевую роль в многолетних устойчивых передвижениях населения играют структурные многомерные разрывы в уровне и качестве жизни (материальный достаток, состояние систем здравоохранения, образования, социального обеспечения и др.) в разных частях планеты. Особенно заметно влияние дифференциации доходов⁴. Причём оно сказывается не только на реальных, физических перемещениях людей, но и на виртуальных — на *телемиграции*. Показательно, что, хотя из стран со средним уровнем душевого валового национального дохода (ВНД), согласно классификации и терминологии Всемирного банка, происходит основная часть международных мигрантов в мире (63% в 2020 г.), данный показатель заметно меньше доли этих государств в населении планеты (75% в 2020 г.). А коэффициент эмиграции⁵ из стран средней группы (2.9% в 2020 г.) ниже, чем аналогичный показатель стран с низким уровнем дохода (5.2%)⁶. Закономерно, что именно бедные страны, которые по душевому ВНД уступают остальной части мира, а значит,

³ Ярким примером расхождений в оценке объёма одного и того же потока может служить несостыковка информации статистического офиса Польши об отъезде в 2006 г. 15 тыс. граждан этой страны в Германию и данных аналогичной службы последней об иммиграции туда 164 тыс. поляков за тот же год. Причина тому — национальные различия в статистическом учёте: охват им в Польше только безвозвратных эмигрантов, тогда как в Германии — всех зарегистрированных иммигрантов [8, р. 6]. Заметные вариации выявлены и в оценках эмиграции россиян отечественными и зарубежными статистическими ведомствами [9].

⁴ Например, выявлено, что вероятность миграции из одной страны в другую повышается на 10 п.п. при разнице в среднегодовых заработках в этих государствах более чем на 2 тыс. долл. [13, р. 130].

⁵ Отношение накопленной численности эмигрантов из определённого ареала к суммарной численности выехавших и остающихся на родине жителей этого ареала.

⁶ Рассчитано по [14].

отстают социально-экономически от стран назначения, наиболее подвержены оттоку населения.

Направленность большинства людских передвижений из менее развитых ареалов в более развитые вызывает ассоциации с перемещением вещества между сообщающимися сосудами. Однако механизмы влияния дисбалансов на миграцию гораздо сложнее действия законов “социальной физики”. В силу разнообразия и многомерности дисбалансов и миграций, каналов взаимодействия между ними, многоплановости и противоречивости эффектов указанных процессов взаимосвязь между последними нелинейна и неоднозначна⁷. Интенсивность перемещений между конкретными странами зачастую не соответствует диапазону социально-экономических различий между ними. Так, повышенный (по сравнению со странами средней группы) показатель эмиграции из государств с высоким уровнем дохода (4.1%), ориентированной преимущественно на других участников этого клуба, может объясняться не только разницей в их душевом ВНД. Сказываются разнообразие профессиональных и иных социальных возможностей и перспектив, особенно значимых для образованных слоёв, а также влияние ряда других социальных условий, на которые накладывается действие иных факторов миграции и более крупных общественных процессов.

Согласно структуралистской теории мировых систем (И. Валлерстайн) и теории миграционного перехода (В. Зелинский), интенсификация миграции сопряжена с втягиванием в орбиту глобализации стран периферии, модернизацией их обществ и разрушением традиционных структур. Эти положения соответствуют результатам ряда исследований, в соответствии с которыми наиболее высокие показатели миграционной активности демонстрируют не жители самых бедных стран, лишённые необходимых финансовых, социальных и информационных ресурсов для смены страны проживания, а население государств со средним уровнем дохода, переживающих рывок в развитии [16] и сопряжённый с этим рост доходов и уровня образования, что расширяет возможности и усиливает мотивацию переезда. Однако миграционная активность населения стран средней группы заметно снижается, когда душевые доходы последних приближаются к верхним значениям, пограничным со странами с высоким уровнем дохода [17].

Существование подобных миграционных впадин и горбов говорит о сложности и нюансиро-

ванности связи между миграцией и ножницами в доходах. В то же время на уровне отдельных стран, относящихся к одной и той же группе по уровню доходов, а также субрегионов показатели эмиграции существенно варьируются.

Действительно, в 2020 г. коэффициенты эмиграции из Центрального, Восточного и Западного ареалов Африки, многие страны которых относятся, согласно классификации ООН, к числу беднейших, наименее развитых, были весьма низки (всего 2.4–2.6%). При этом данный показатель достигал достаточно высоких отметок в ряде государств беднейшей группы, в том числе Сомали (11.3%), ЦАР (14.5%), Эритрее (18.5%) и Южном Судане (18.7%). Заметен разброс этого индикатора и между территориями Латинской Америки с доходами выше среднего, в частности, между пространствами Южной Америки (3.9%), Мексики и Центральной Америки (8.3%) и небольших островных государств Карибского бассейна (17.3%), включая Монсеррат (83.1%)⁸. Последние традиционно отличаются повышенными миграционными показателями в силу территориально-го фактора.

Подобная дифференциация коэффициентов эмиграции носит повсеместный характер, проявляясь во всех частях планеты и рассматриваемых группах стран. Это касается и государств с высоким душевым ВНД, где веер значений эмиграционного показателя раскрывается от близких к нулевым в Омане (0.5%), Саудовской Аравии и США (0.9) до весьма высоких в Португалии и Румынии (17%), а также Хорватии (20%)⁹. При общей направленности миграции в экономически более развитые и благополучные страны зависимость её интенсивности от уровня дохода отдающей страны носит характер “мягкой” закономерности, которую уточняет и корректирует действие ряда тенденций. Более того, гораздо сильнее, чем межстрановые диспропорции в доходах, на миграцию могут влиять различия в уровне развития демократии, качестве государственного управления и функционировании институтов, в том числе в сфере социального обеспечения и на рынке труда, состоянии законности, соблюдении прав человека и гражданских свобод [12, 18, 19], а также в ценностных системах. Например, отечественные исследователи С.В. Рязанцев и А.Д. Брагин объясняют случаи увеличения эмиграции из России в ряд стран, происходившие в периоды экономического роста на протяжении нулевых и десятых годов, несовершенством национальной политической системы [20].

Ещё больший эффект могут вызывать территориальные дисбалансы в безопасности жизни, ко-

⁷ Как свидетельствует большой ряд исследований, сама миграция, несущая множественные и противоречивые последствия, также способна порождать, усиливать или же сглаживать социальные дисбалансы в отдающих и принимающих странах (см., например [15]).

⁸ Рассчитано по [14].

⁹ Рассчитано по [14].

торые можно оценивать по таким параметрам, как отсутствие/наличие, экстремальность/латентность, масштабность/локальность и т.п. социальных, в том числе военных, конфликтов, насилия и преступности, неблагоприятных природных явлений, рассматриваемых как отклонение от нормального или нормативного состояния общества. Подобные расхождения задают координаты вынужденной миграции, в генерировании которой, в отличие от миграции, считающейся добровольной (трудовой, учебной семейной), присутствует элемент принуждения, в том числе угроза жизни, здоровью и свободе в результате политических преследований и конфликтов, а также природных или техногенных катаклизмов.

Поскольку низкому уровню социально-экономического развития традиционно сопутствуют хрупкость демократии, нарушения прав человека, политическая нестабильность, войны и др., распространена точка зрения, что широкомасштабная вынужденная миграция происходит главным образом из ограниченного круга стран с низким уровнем дохода, находящихся в состоянии затяжных гражданских войн. Пример тому — такие крупнейшие доноры беженцев, входящие в первую десятку мира по численности последних, как Афганистан (2.7 млн граждан которого, согласно данным УВКБ ООН, в конце 2021 г. проживали за границей в качестве беженцев), Южный Судан (2.4 млн), Демократическая Республика Конго (908 тыс.), Судан (825 тыс.), Сомали (777 тыс.), ЦАР (737 тыс.), Эритрея (512 тыс.) [21]. Однако возникновение конфликтов и вызванных ими миграционных кризисов в Сирии (6.8 млн беженцев), Венесуэле (4.6 млн), Мьянме (1.2 млн), Ираке в начале нулевых годов и на Украине с 2014 г. говорит о том, что в условиях нарастания нестабильности в мире социальные потрясения и массовый вынужденный исход населения перестали быть атрибутами лишь бедных стран [22, р. 102].

Хотя факторы выталкивания и притяжения населения, сопряжённые с мировой демографической асимметрией, относятся к числу важнейших причин миграции [10], подобный перекося влияет на миграцию не столько сам по себе, сколько косвенно, через его проявления в глобальных контрастах ситуации на рынке труда и в сфере социальных услуг, в давлении молодёжи на рынок труда в развивающихся регионах и бремени содержания пожилого населения в развитых. При этом «влияние демографических тенденций на миграцию двойственное: страны с самым быстрым ростом или наибольшей плотностью населения не демонстрируют повышенной склонности последнего к миграции» [23].

При взаимоналожении разных дисбалансов, в том числе латентных диспаритетов, могут прева-

лизовать такие различия, которые предполагают переезд в ареалы с более низким уровнем социально-экономического развития, в частности с глобального Севера на Юг. Подобные передвижения, считающиеся добровольными, совершают «цифровые номады», привлекаемые территориями с благоприятной экосистемой для дистанционной работы на заказчиков из третьих стран и близостью таких территорий к основным клиентским странам; пенсионеры, притягиваемые более благоприятными климатическими условиями и более низкой стоимостью жизни; репатрианты, психологически привязанные к родному месту, и т.п.

Даже в случае вынужденной миграции, когда, казалось бы, чем резче и разрушительнее социальные и природные катастрофы, чем сильнее нарушения прав и свобод населения, чем разительнее контраст между опасностью и безопасностью, тем шире и интенсивнее должны быть перемещения на самые безопасные территории, — зачастую такие передвижения в развивающемся мире происходят между соседними или близко расположенными странами, имеющими более (но не полностью) безопасные условия. В 2021 г. 72% беженцев и приравненных к ним категорий мигрантов проживали в находящихся рядом с кризисными регионами странах. Основную нагрузку от притока вынужденных мигрантов, прежде всего беженцев, несут государства глобального Юга: в конце 2021 г. в странах с низким и средним уровнем дохода проживало 83% людей, перемещённых через границы (в том числе в наименее развитых странах — 27%): в Турции (3.8 млн), Колумбии (1.8 млн, включая венесуэльцев, перемещённых за границу), Пакистане (1.5 млн), Уганде (1.5 млн) [21, р. 2].

Кроме того, социальные дисбалансы не всегда приводят к накоплению миграционного потенциала и тем более к миграции. Выявлено, что различия в степени неравенства внутри стран сами по себе не оказывают принципиального влияния на потоки между ними [24]. Однако и межстрановым разрывам в доходах, и различиям в безопасности жизни нередко сопутствует имобильность, в том числе вынужденная, больших групп населения, сопряжённая с миграционными рестрикциями, вводимыми государствами исхода и назначения¹⁰. Имеет значение и отсутствие у людей логистических и финансовых возможностей для переезда в критических условиях, а также нежелание покинуть опасные территории, что чревато попаданием таких групп, в первую очередь самых обездоленных, в капканы войн и природ-

¹⁰В ряде исламских стран, в частности Афганистане, дискриминация женщин распространяется и на возможности их выезда из страны, препятствуя последнему.

ных бедствий¹¹. То есть характер и интенсивность влияния дисбалансов на миграцию в немалой мере зависят от конкретного контекста, подчас конкретных ситуаций, сказывающихся на готовности людей к переездам и возможности их осуществления.

Хотя зависимость миграции от дисбалансов очевидна и закономерна и основные маршруты движения населения пролегают из бедных, неблагополучных и нестабильных регионов в более богатые, благополучные и стабильные, эта связь нелинейна, имеет специфические проявления и отклонения. Наличие и характер подобного сопряжения зависят от типов и конкретных проекций дисбалансов и миграций. Сказывается и сложность механизма миграционного влияния дисбалансов, включающего немалое количество опосредующих звеньев, его встроенность в архитектуру ключевых тенденций и других процессов общественного развития, воздействие на него конкретных сопутствующих факторов.

ИНТЕНСИВНОСТЬ МИГРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ: ПЕРЕМЕНЧИВАЯ ДИНАМИКА

ООН фиксирует заметный и непрерывный прирост накопленной численности международных мигрантов в нынешнем столетии: среднегодовые темпы составляли 2% в 2000–2005 гг., 2,9 в 2005–2010 гг., 2,3 в 2010–2015 гг. и 2,5% в 2015–2020 гг. [14]. В то же время вариация значений этого показателя не позволяет выявить долгосрочный тренд в динамике потоков. Последняя, скорее, носит колебательный характер, отражая общую экономическую, политическую и экологическую нестабильность в мире.

Подобные волны людских передвижений чётко прослеживаются ОЭСР в постоянной иммиграции в страны этой организации. В начале XXI в. отмечалось расширение направленных туда потоков в условиях экономического подъёма, высокого спроса на иностранный труд и экспансивной миграционной политики. Эта политика была ориентирована на привлечение дефицитных категорий постоянных и временных работников, в особенности высококвалифицированных специалистов в сферах цифровых, биомедицинских, зелёных и т.п. технологий, а также студентов и допускала въезд воссоединяющихся и сопровождающих членов семей и других иностранцев по гуманитарным основаниям. Однако

расширение потоков сменилось их сужением, вызванным глобальной рецессией 2008–2009 гг.: их объём сжался в 2011 г. на 15% по сравнению с уровнем 2007 г. Напротив, за 2012–2016 гг. постоянная миграция в страны ОЭСР испытала существенный рост — на 35%, главной причиной которого стали войны и конфликты в Северной Африке, на Ближнем и Среднем Востоке, породившие поток беженцев оттуда в Европу. А в период коронакризиса 2020 г. приток постоянных мигрантов вновь заметно, на 25%, ослаб по сравнению с 2019 г. В 2021 г. он, напротив, после снятия жестких противоэпидемических и иных ограничений вырос на 22%, но не достиг доковидного уровня (рис. 1).

Для расчёта показателей мировых миграционных потоков широко используются экспертные методы. В частности, так называемые синтетические оценки двусторонних потоков между парами стран базируются на данных о миграционных коридорах — взаимной численности мигрантов, проживающих на определённый момент в выбранных парах стран и происходящих из этих же стран (количество приезжих из первой страны во второй и наоборот, то есть друг у друга)¹².

Примером комплексного использования разных экспертных методик для вычисления объёмов современных мировых потоков и варьирования результатов таких расчётов в зависимости от их алгоритмов служат исследования, проведённые зарубежными демографами Г. Абелом и Дж. Кохэном. По разным оценкам этих учёных, за 2015–2020 гг. поменяли страну проживания от 35 до 95 млн человек, что вполне согласуется с данными ООН об изменении численности международных мигрантов за указанный период.

Подобная интенсивность людских передвижений вполне соответствует масштабности мировых социальных дисбалансов [2], среди которых особенно резко контрасты имущественной поляризации жителей планеты. Так, в 2021 г. на низшую, малоимущую половину человечества приходилось лишь 2% глобального богатства, тогда как на высшие, самые состоятельные 10% насе-

¹¹ В 2020 г. из-за пандемии подавляющее большинство государств полностью или частично закрыли свои границы, в том числе почти 100 стран — для лиц, ищущих убежища, и возникла трёхмиллионная когорта “застрявших” мигрантов, в результате чего, по оценкам УВКБ ООН, потоки беженцев и лиц, ищущих убежища, были почти на 1,5 млн меньше объёма, ожидавшегося исходя из тенденций вынужденного перемещения за последние 20 лет [25, р. 5].

¹² Эти данные заносятся в таблицы сопряжённости, или контингентности, в столбцах которых приводятся данные о численности мигрантов по странам происхождения, а в строках — по странам проживания. Оценки осуществляются на основе трёх методологических подходов. В рамках первого используются данные об изменениях во взаимной численности мигрантов в выбранных парах стран происхождения и назначения или же совокупностях таких пар, чтобы определить потоки за период в конкретном направлении. Второй предполагает использование данных о миграционных запасах для расчёта коэффициентов миграционных потоков, которые применяются к численности населения, обладающего миграционным потенциалом. Третий подход опирается на результаты учёта населения для согласования изменений в численности мигрантов и показателей естественного прироста [28].

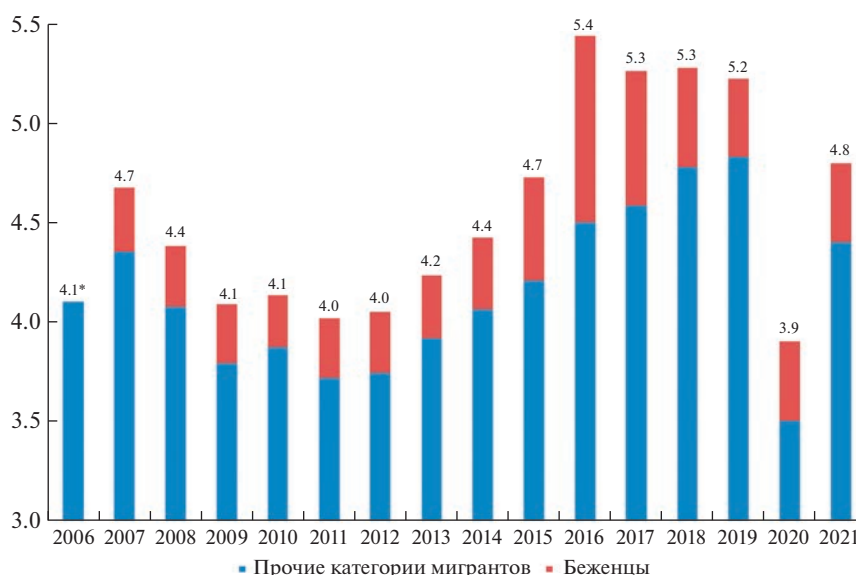


Рис. 1. Потоки постоянных мигрантов в страны ОЭСР, 2006–2021 гг., млн

*Отсутствуют данные за 2006 г. с разбивкой по категориям мигрантов.

Составлено по [26, р. 21; 27, р. 16].

ния планеты — 76% всего мирового имущества, на 1% — 38%, на 0.1% — 11% [29, р. 3, 27].

Кроме того, оценки динамики перемещений, предложенные Г. Абелом и Дж. Кохэном, отчасти перекликаются с данными ООН о темпах роста численности мигрантов. В 2000–2010 гг. абсолютные и относительные величины глобальных потоков за пятилетние периоды существенно выросли, в том числе и в период глобальной рецессии, когда на фоне сужения потоков в страны Севера наблюдался рост возвратных потоков оттуда и их переориентация на другие регионы. Однако в 2010–2020 гг. в оценках этих исследователей обнаружилась некоторая разноречивость изменений в динамике потоков, которая представляется весьма символическим проявлением и трансляцией неоднозначности и неравномерности происходящих общественных сдвигов. При этом поступательная динамика потоков, как правило, слабеет, и просматриваются признаки смены её вектора на нисходящий (рис. 2 а, б).

Торможение миграционного движения населения в целом соответствует глобальному долговременному (хотя и замедлившемуся в условиях ковидной пандемии) тренду к сглаживанию одного из ключевых социальных дисбалансов — межстранового неравенства в доходах. За 2000–2020 гг. соотношение средних доходов верхнего дециля жителей богатейших стран и нижней половины населения беднейших стран сократилось с 10 до 8.7, а индекс Джини глобального неравенства снизился с 0.72 до 0.67 благодаря интенсивному росту экономики Китая и некоторых других

стран Азии, относящихся к числу крупных доноров мигрантов [29, р. 13, 56; 31].

На тенденцию к ослаблению неравенства в доходах накладывается действие ряда других процессов, также оказывающих сдерживающее воздействие на мобильность, прежде всего добровольную. Интенсивная глобализация экономики и социальной сферы, способствовавшая интенсификации людских передвижений, сменилась кризисом глобализации с тенденциями к разрыву многих прежних экономических и социальных связей и взаимодействий. Процесс *деглобализации* усилило обострение международно-политических противоречий и эпидемических угроз. Всё это сказалось в ужесточении антимиграционных ограничений по соображениям национальной безопасности: в целях противодействия терроризму, охраны здоровья населения, защиты местных рынков труда и др. Выставление и повсеместное распространение антиковидных заграждений практически во всём мире в 2020 г. привели к резкому сокращению передвижений почти до их полной временной остановки¹³.

Миграционные меры всё активнее используются в политических целях как инструмент миграционной дипломатии в рамках более широкой геостратегии. Например, в период президентства Д. Трампа, отмеченного усилением пограничных кордонов, под запреты на въезд в США (*extreme vetting*) попадали граждане 13 государств, в том

¹³ По оценкам ООН, накопленная численность мигрантов, составившая 281 млн в 2020 г., в отсутствие пандемии была бы на 2 млн больше [32].

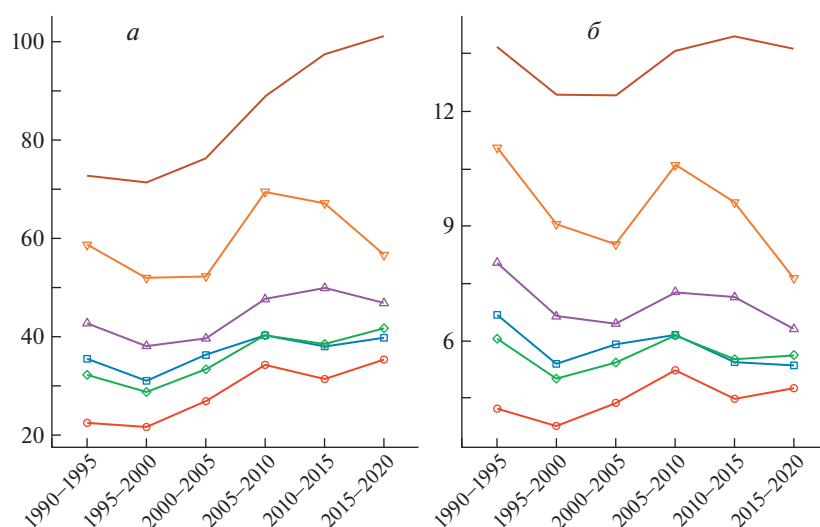


Рис. 2. Динамика миграционных потоков:

a — оценки мировой численности лиц, сменивших страну обычного проживания в течение пяти лет, млн человек;
б — оценки доли лиц, сменивших страну обычного проживания в течение пяти лет среди населения мира, %

Цвета линий на графиках соответствуют разным статистическим методикам оценки потоков (полноцветный вариант рисунков к статье доступен в электронной версии журнала).

Источник: [30].

числе КНДР, Ливии, Ирана и Йемена, наряду с которыми серьёзным рестрикциям подвергались и подданные других территорий, включая Китай. Не менее яркий и наглядный пример — включение миграционных препон и заграждений в арсенал санкционной борьбы недружественных государств против России и её граждан. Символом подобного курса стал провозглашённый руководством Эстонии и поддержанный властями ряда государств ЕС лозунг “посещение Европы — это привилегия, а не право человека”. Сказываются изменения в характере самой миграции и миграционной политики. Среди них — замещение переселенческих форм мобильности краткосрочными, не учитываемыми в статистике численности мигрантов, “виртуализация” части перемещений благодаря распространению трансграничной удалённой занятости и учёбы.

В то же время тренду к ослаблению потоков противостоят контртенденции в эволюции вынужденных перемещений. В условиях нарастания политической нестабильности и экологического неблагополучия в мире расширяются неблагоприятные и опасные для обитания кризисные ареалы. Соответственно среди факторов миграции повышается значимость разрывов в состоянии такого ключевого параметра качества жизни, как её безопасность. Усиливается и волатильность потоков, свойственная обстановке турбулентности. По оценкам ПРООН, число проживавших в 50-километровых зонах конфликтов возросло с 555 млн в 1990 г. (10.5% населения мира) до 1.2 млрд (15.5%) в 2020 г., при этом около

4.5 млрд обитали в странах, в той или иной мере затронутых конфликтами [33, р. 87, 88]. По оценкам американских политологов, в XXI в. увеличилась доля населения планеты, проживающего в странах, которые эти учёные относят к авторитарным или недемократическим [34].

Материалы австралийского Института экономики и мира свидетельствуют об утрате частоты природных бедствий за последние четыре десятилетия [35]. Неблагоприятные экологические изменения сказываются в увеличении числа людей, страдающих от голода и недоедания — с 607 млн в 2014 г. до 720–811 в 2020 г. [33, р. 51]. Люди сталкиваются не только с большими, но и качественно иными — “антропогенными” рисками, которые “отражают новую сложную взаимосвязь планетарных изменений и социального дисбаланса” [36, с. 56].

Потоки вынужденных мигрантов (беженцы и аналогичные им категории мигрантов, лица, ищущие убежища, лица, перемещённые внутри страны, и лица без гражданства) отличаются внезапным возникновением и особо резкими колебаниями. Влияние природных бедствий обычно (но далеко не всегда) более кратковременно, что позволяет экологическим мигрантам (люди, покидающие места обычного проживания из-за негативных изменений среды обитания [37, р. 65]) возвращаться в родные места по мере прекращения таких катаклизмов и ликвидации их последствий, в отличие от затяжного характера многих политических конфликтов, продолжительного

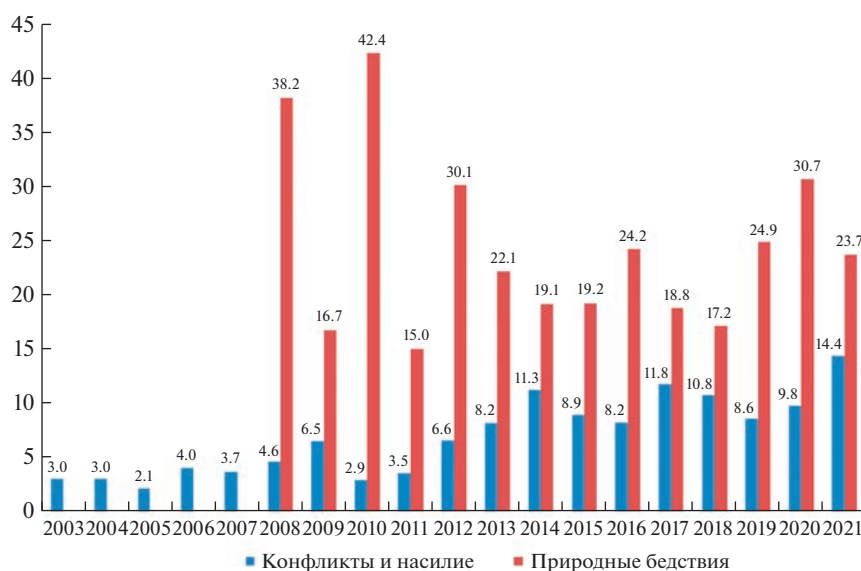


Рис. 3. Число вновь перемещённых лиц в результате конфликтов, насилия и природных бедствий в течение года, 2003—2021 гг., млн
Составлено по [40].

пребывания у власти недемократических режимов, что препятствует обратному движению и нередко вынуждает к вторичным, в том числе трансграничным миграциям [38]. В результате новые контингенты регулярно, почти из года в год пополняют совокупную (накопленную) численность лиц, ранее перемещённых под действием политических причин и не имеющих возможности вернуться на прежнее место, например, афганских беженцев в Пакистане и Иране, выходцев из Южного Судана в Кении, Судане и Уганде.

Более того (после окончания в середине нулевых годов периода снижения численности вынужденных мигрантов), сила волн беженства вновь нарастает, происходит как абсолютное, так и относительное (по отношению к населению мира) увеличение числа перемещающихся из страны в страну лиц. Согласно материалам ООН, вынужденные трансграничные людские потоки укрупняются в относительном выражении наиболее интенсивно и опережают по динамике передвижения, считающиеся добровольными. С 2005 по 2020 г. число беженцев и лиц, ищущих убежища, увеличилось почти в 2.5 раза (с 14 млн до 34), а их доля в общей массе международных мигрантов (умножившихся за этот период менее чем в 1.5 раза: с 191 млн до 281 млн) возросла с 7.2% до 12% соответственно [14]. При этом увеличивается число стран происхождения потоков беженцев, в том числе крупных передвижений — более 5 тыс. человек в год [39]. Хотя быстрый рост указанных показателей в какой-то мере можно списать на расширение списка территорий, за которыми

УВКБ ООН ведёт статистическое наблюдение [22], само существование этой тенденции как реакции на нестабильность мира в XXI столетии очевидно.

Это подтверждают и данные Центра мониторинга внутреннего перемещения (ЦМВП), которые свидетельствуют о том, что численность лиц, вновь перемещённых в связи с конфликтами и насилием в течение 2021 г. внутри стран (число новых случаев перемещения за год), достигла 14.4 млн — наивысшего уровня в этом веке. Наряду с этим в связи с природными бедствиями родные места оставили ещё более многочисленные когорты — 23.7 млн (рис. 3).

Приведённые данные позволяют говорить о том, что среди причин мобильности повышается значимость политической нестабильности и экологического неблагополучия, преломляющихся в расслоении стран по уровню безопасности жизни. В то же время эти факторы могут сдерживать передвижения, в том числе добровольные, самые массовые, нарушая привычные модели переездов и порождая вынужденную иммобильность; они интенсифицируют действие сил, выталкивающих население с прежних мест проживания. В результате происходит укрупнение вынужденных перемещений, повышение их доли в составе людских потоков и в целом усиление вынужденного характера современных миграций. Действие обозначенных факторов и вызываемых ими тенденций проецируется и на обозримую перспективу.



Рис. 4. Международные миграции в XXI веке
Составлено на основе [41, р. 38, 39].

ПОДВИЖКИ В ГЕОГРАФИИ ПОТОКОВ

География миграционных потоков характеризуется, с одной стороны, сильной диверсификацией маршрутов поездок, а с другой — существованием магистралей передвижений населения в условиях долговременных структурных дисбалансов. Так, асимметрия мирового развития, территориально проявляющаяся в концентрации крупных центров притяжения населения в первую очередь на глобальном Севере — в США (где, по данным ООН, в 2020 г. проживал 51 млн международных мигрантов), Германии (16 млн), России (12 млн), Великобритании, Франции, Канаде, Австралии, Испании (окрашены в коричневые тона на карте мира) (рис. 4), определяет направленность туда из разных частей мира основного массива потоков, считающихся добровольными (обозначены на карте голубыми стрелками). Формированию и укрупнению таких миграционных путей благоприятствует политика отдающих государств, в частности, организуемые ими курсы домиграционной профориентации, профподготовки, оказание соотечественникам за рубежом правовой и иной поддержки.

Подобное географическое структурирование потоков получило дополнительное обоснование в ряде концепций, в частности сетевой теории миграции, постулирующей, что рост численности мигрантов в той или иной стране и расширение сетей их связей с соотечественниками на родине благоприятствуют притоку последних, формируя цепной характер миграции (А. Портес, Д. Мэсси и др.), а также теории миграционных систем (А. Мабогунье, Дж. Фосет, А. Портес, И.В. Ивахнюк и др.), согласно которой вокруг центров притяжения населения складываются кластеры стран, между которыми существуют относитель-

но масштабные и устойчивые миграционные связи, опирающиеся на исторические связи, хозяйственные и иные отношения между странами, их культурно-языковую и географическую близость (см. рис. 4).

Однако в условиях кризиса глобализации подобный миграционный тренд корректируется нарастающей тенденцией к регионализации миграционных потоков, то есть их ориентации на регион происхождения¹⁴. Наиболее массовые региональные передвижения населения осуществляются между странами Европы, особенно на интеграционной платформе ЕС. Кризис на Украине усиливает эту тенденцию. Крупные потоки также идут из Латинской Америки в Северную. Согласно данным ООН, в XXI в. по сравнению с миграцией с глобального Юга на Север динамичнее нарастали передвижения между странами Юга, наиболее богатые из которых стали крупными центрами притяжения населения: Саудовская Аравия, ОАЭ и др. Иначе говоря, влияние на миграцию социально-экономических различий, сохраняя глобальный масштаб, становится всё заметнее на субглобальном и региональном уровнях.

Этот вектор миграционных процессов в странах Юга объясняется их социально-экономическим прогрессом, увеличением роли в мировой экономике, активизацией народно-хозяйственных связей между ними, быстрым ростом населения в Африке и многих странах Азии, обостряющим там проблему молодёжной безработицы, усилением социально-политической нестабильности, которое накладывается на ужесточение иммиграционной политики государств Севера.

¹⁴В 2020 г. примерно половина международных мигрантов проживала в регионах происхождения, в том числе около 70% в Европе и 63% в Тропической Африке [31].



Рис. 5. Крупнейшие миграционные коридоры (численность мигрантов из регионов происхождения в регионах назначения), млн мигрантов
Составлено по [32, р. 23].

С начала века в наибольшей мере, почти втрое, расширился коридор из Южной Азии в Западную, в основном за счёт роста числа приезжих работников из Бангладеш, Индии, Пакистана, Непала и Шри-Ланки в странах Персидского залива. За двадцатилетие также существенно расширились коридоры межстрановых перемещений населения в ареале Северной Африки и Западной Азии, в большой мере по причине войн и преследований (рис. 5).

При нахождении основных очагов вынужденных перемещений, как и ареалов убежища, в странах Юга, в 2005–2020 гг. наибольший абсолютный прирост численности беженцев и лиц, ищущих убежища, отмечался в регионах Северной Африки и Западной Азии, Латинской Америки и Тропической Африки. Соотношение прироста численности беженцев и лиц, ищущих убежища, и прироста всех категорий международных мигрантов составило в мире в целом 22%, достигнув 62% в Латинской Америке, 41% – Тропической Африке, 30% – Северной Африке и Западной Азии. В Центральной и Южной Азии индикатор вклада вынужденных перемещений в общее увеличение численности мигрантов превысил 200%, то есть умножение числа вынужденных мигрантов в этом регионе происходило на фоне убыли добровольных когорт¹⁵.

В отличие от беженцев, ориентирующихся главным образом на соседние страны, потоки лиц, ищущих убежища, при наличии ресурсов для дальнего переезда устремляются с Юга в страны Севера, в первую очередь в западноевропейские “цитадели” развитой демократии и политической

стабильности (вынужденные потоки показаны на рисунке 4 красными стрелками). Согласно данным УВКБ ООН, в страны Европы в среднем за первое двадцатилетие XXI в. было подано около половины мировой численности прошений о предоставлении убежища (что может указывать на направленность и интенсивность потоков, учитывая, что большинство подобных заявлений представляются при пересечении границы государства искомого убежища). Более того, в 2015–2016 гг. этот показатель превышал 70%¹⁶. При этом вынужденным перемещениям нередко сопутствуют добровольные (точнее, считающиеся таковыми), что придаёт этим потокам смешанный характер. Феномен смешанных потоков, выявленный экспертами ООН, предполагает совместные передвижения по одним и тем же маршрутам с одними и теми же миграционными паттернами разных категорий мигрантов, ищущих не только убежища, но и лучшей доли.

В развитых странах и на подступах к ним вынужденные и смешанные потоки населения постоянно вызывают миграционные кризисы, например, на американо-мексиканской границе – в 2014, 2016, 2018–2019, 2020–2021 и 2022 гг. из-за караванов недокументированных, или нерегулярных (не имеющих документов для законного въезда в США), мигрантов из Центральной Америки и Мексики, спасающихся от природных бедствий, разгула преступности, нарушений прав человека и нищеты. Подобные чрезвычайные гуманитарные ситуации неоднократно возникали в Европе: в 2015–2016 гг. вследствие гигантской миграционной волны в регион, порождённой

¹⁵Рассчитано по [14].

¹⁶Рассчитано по [42].

гражданскими войнами в Ливии и Сирии, военной интервенцией в Ирак; в 2021 г. на границе Белоруссии с Польшей и Литвой в результате скопления там беженцев из Ирака; в 2022 г. из-за крупномасштабного вооружённого конфликта на Украине и на её бывших территориях, приведшего к возникновению там крупнейшего в современном мире очага вынужденных потоков в соседние страны континента.

Миграционный кризис на Украине и вокруг неё свидетельствует о том, что в условиях глобального роста военных и экологических угроз и расширения опасных зон в их орбиту втягиваются и территории Севера. В результате Европа, традиционно позиционирующаяся в мире как важный регион назначения вынужденных потоков, теперь спустя десятилетия вновь стала регионом происхождения их немалой части. И это не преминуло сказаться в изменении географии и, соответственно, национального состава вынужденных потоков в европейские страны. Среди просителей убежища в государствах этого региона доля выходцев с Украины выросла с 0.6% в 2021 г. до 16% в середине 2022 г. (25-кратно)¹⁷.

По данным УВКБ ООН, в начале 2023 г. в Европе были зарегистрированы около 8 млн беженцев с Украины и её территорий, ставших новыми субъектами РФ. В то же время перемещения населения между Украиной и соседними странами зачастую носят маятниковый характер, реагируя на изменения ситуации в стране происхождения. С 24 февраля 2022 г. было зафиксировано почти 18 млн выездов с Украины и примерно 10 млн обратных въездов туда, не считая предшествовавших перемещений жителей Донбасса в Россию [43]. При этом изменения на политической карте Европы, связанные с вхождением в состав РФ на правах её новых субъектов четырёх бывших регионов Украины, автоматически превращают часть потоков, бывших прежде международными, во внутренние¹⁸.

Таким образом, в связке дисбалансов и мировой географии миграций заметны две подвижки. Во-первых, хотя основные направления людских передвижений с Юга на Север определяются глобальной асимметрией социально-экономического развития, происходящее расширение трудовых и сопутствующих им потоков между странами Юга говорит о повышении значимости миграционных факторов, действующих на более низком, по сравнению с планетарным, территориальном

уровне, а именно субглобальных и региональных различий в условиях жизни и труда. Во-вторых, хотя вынужденные перемещения концентрируются преимущественно на Юге, в условиях боевых действий на востоке Европы и сопряжённого с ними разрыва в безопасности жизни и других ключевых факторах жизнеобеспечения населения в разных частях континента последний сам превратился в регион массовых вынужденных переездов жителей.

* * *

Согласно теории и практике, дисбалансы в социальном развитии и положении государств и их групп не просто выступают главной движущей силой миграции, а лежат в основе практически любых передвижений населения, обуславливая закономерность последних. Однако взаимосвязь между дисбалансами и миграцией нелинейна и не вполне однозначна ввиду разнообразия и многомерности этих процессов, каналов взаимодействия между ними, наложения других разновекторных факторов, усиливающих или ослабляющих, ускоряющих или сдерживающих те или иные конкретные потоки.

Существенно влияние и общего контекста появления и последующей эволюции дисбалансов, формируемого ключевыми тенденциями мирового развития. Крупные общественные сдвиги в условиях турбулентности перекрашивают палитру дисбалансов, меняя соотношение значимости существующих различий и деформаций и порождая новые. С этими процессами в значительной мере связаны как структурные, так и чисто реактивные, волатильные изменения в миграции населения, сказывающиеся в интенсивности, характере и направлениях людских потоков.

Во-первых, тенденция к сглаживанию глобального неравенства в доходах в условиях кризиса глобализации и других общественных сдвигов способствует тому, что восходящая динамика мобильности сменяется скорее колебательной, подчас даже нисходящей. Во-вторых, при сохранении за социально-экономическими дисбалансами доминирующей роли в передвижениях населения, прежде всего добровольных, повышается значимость социально-политических различий государств, особенно разрывов в безопасности условий жизни, разделяющих реалии войны и мира. Это сказывается в увеличении доли беженцев и лиц, ищущих убежища, в общей массе мигрантов, что указывает на усиление вынужденного характера современных перемещений. В-третьих, на фоне продолжающегося главенствования глобальной асимметрии мирового развития в определении миграционных магистралей усиливается действие дисбалансов регионально-го уровня. В контексте регионализации (наряду с

¹⁷Рассчитано по [42].

¹⁸Кроме того, из самой России с началом СВО и особенно в период частичной мобилизации возникли интенсивные, оцениваемые разными экспертами в сотни тысяч, потоки «вынужденных туристов» в Казахстан, Грузию, Абхазию, Турцию, Финляндию и другие страны, которые позднее частично компенсировались возвратными передвижениями.

другими процессами) происходят подвижки в географии миграции, такие как более интенсивное расширение миграционных коридоров между странами Юга в сопоставлении с другими маршрутами, мощный всплеск вынужденной миграции в Европе.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность младшему научному сотруднику Центра сравнительных социально-экономических и политических исследований ИМЭМО РАН Т.И. Хайнацкой за подготовку карты международных миграций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Садовая Е.С., Сауткина В.А. Трансформация принципов современного мироустройства: социальный аспект. М.: ИМЭМО РАН, 2015.
2. Доклад о человеческом развитии 2019. За рамками уровня доходов и средних показателей сегодняшнего дня: неравенство в человеческом развитии в XXI веке. Нью-Йорк: ПРООН, 2019.
3. Васин С.М., Плешакова Н.А. Дисбаланс социально-экономического развития региона: вопросы измерения и проблема противоречия // Региональная экономика: теория и практика. 2013. № 19. С. 38–45.
4. Багрова Е.В. Социальные дисбалансы: сущность, структура, причины возникновения, предпосылки // Гуманитарный вестник. 2017. Вып. 8. С. 1–13.
<https://doi.org/10.18698/2306-8477-2017-8-460>
5. Бородушко Е.С. Дисбалансы экономических систем как угроза экономической безопасности государства. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата экономических наук. СПб.: СПбГУЭФ, 2012.
6. Tellier L.-N., Marois G. The “Invasion Peril” in Light of the Topodynamic Theory, and Some Recent Statistics // The Economic Geography of Cross-Border Migration / Ed. by K. Kourtit. Cham: Springer, 2021. P. 15–32.
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-48291-6>
7. Handbook on Measuring International Migration through Population Censuses. NY: UNSD, 2017.
8. Raymer J. Measuring flows of international migration // IZA World of Labor. 2017. № 354. P. 1–10.
<https://doi.org/10.15185/izawol.354>
9. Воробьёва О.Д., Гребенюк А.А. Сравнительный анализ отечественной и зарубежной статистической информации об эмиграции граждан России // Вопросы статистики. 2017. № 9. С. 64–73.
10. Ивахнюк И.В. Развитие миграционной теории в условиях глобализации // Век глобализации. 2015. № 1. С. 36–51.
11. Black R., Natali C., Skinner J. Migration and inequality // World Development Report 2006 Background Paper. World Bank, 2005. <http://hdl.handle.net/10986/9172> (дата обращения 1.02.2023).
12. World Social Report 2020. Inequality in a Rapidly Changing World. NY: UN, 2020. ST/ESA/372.
13. Moving for prosperity. Global migration and labour markets. Policy Research Report. Wash.D.C.: World Bank, 2018.
14. International Migrant Stock 2020. UNDESA, Population Division. POP/DB/MIG/Stock/Rev.2020
15. Глушенко Г.И. Влияние международной трудовой миграции на мировое социально-экономическое развитие // Международная экономика. 2010. № 2. С. 50–63.
16. McKenzie D. Poverty, Inequality, and International Migration: Insights from 10 Years of Migration and Development Conferences // Revue d'économie du développement. 2017. № 25 (3–4). P. 13–28.
17. Dao T.D., Docquier F., Parsons C., Peri G. Migration and Development: Dissecting the Anatomy of the Mobility Transition // Journal of Development Economics. 2018. № 132. P. 88–101.
18. Baudassé T., Bazilier R., Issifou I. Migration and institutions: exit and voice (from abroad)? // Journal of Economic Surveys. 2018. V. 32 (3). P. 727–766.
19. Aziz N., Chowdhury M., Cooray A. Why do people from wealthy countries migrate? // European Journal of Political Economy. 2022. V. 73. Is. C. Article number 102156.
<https://doi.org/10.1016/j.ejpoleco.2021.102156>
20. Ryazantsev S., Bragin A. The Influence of Political and Economic Factors on Emigration from Russia to Europe // Journal of Population and Social Studies. 2023. № 31. P. 152–169.
21. Global Trends in Forced Displacement – 2021. Copenhagen: UNHCR, 2022.
22. Fransen S., de Haas H. Trends and Patterns of Global Refugee Migration // Population and Development Review. 2022. № 48 (1). P. 97–128.
23. de Haas H. The internal dynamics of migration processes: a theoretical inquiry // Journal of Ethnic and Migration Studies. 2010. № 36 (10). P. 1587–1617.
24. Plotnikova M., Ulceluse M. Inequality as a driver of migration: A social network analysis // Population, Space and Place. 2021. Special Issue. Paper e2497. P. 1–12.
<https://doi.org/10.1002/psp.2497>
25. Global Trends in Forced Displacement – 2020. Copenhagen: UNHCR, 2021.
26. International Migration Outlook 2022. Paris: OECD Publishing, 2022.
<https://doi.org/10.1787/30fe16d2-en>
27. International Migration Outlook 2016. Paris: OECD Publishing, 2016.
28. Dennett A. Estimating an Annual Time Series of Global Migration Flows – An Alternative Methodology for Using Migrant Stock Data // Global Dynamics: Approaches from Complexity Science / Ed. by A. Wilson. Chichester: Wiley, 2016. P. 125–142.
29. Chancel L., Piketty T. et al. World Inequality Report 2022. World Inequality Lab, 2021.
https://wir2022.wid.world/www-site/uploads/2022/03/0098-21_WIL_RIM_RAPPORT_A4.pdf (дата обращения 20.01.2023).

30. *Abel G., Cohen J.* Bilateral international migration flow estimates for 200 countries. Version 6: Update for WPP2022. 2022. <https://guyabel.com/publication/bilateral-international-migration-flow-estimates/#version-6-update-for-wpp2022> (дата обращения 10.02.2023).
31. *Piketty T.* A Brief History of Inequality. Harvard: Harvard University Press, 2022.
32. International Migration 2020 Highlights. NY: UN, 2020.
33. New threats to human security in the Anthropocene Demanding greater solidarity. Special Report 2022. NY: UNDP, 2022.
34. *Herre B., Roser M.* Democracy. <https://ourworldindata.org/democracy#> (дата обращения 10.12.2022).
35. Global Peace Index 2020: Measuring Peace in a Complex World. Sydney: IEP, 2020.
36. Доклад о человеческом развитии 2020. Следующий рубеж. Человеческое развитие и антропоцен. Нью-Йорк: ПРООН, 2020.
37. Glossary on Migration. Geneva: IOM, 2019.
38. *Цапенко И.П.* Вынужденная мобильность и имобильность в турбулентном мире // Вестник РАН. 2021. № 9. С. 820–830. *Tsapenko I.P.* Forced Mobility and Immobility in a Turbulent World // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2021. № 5. P. 525–535. <https://doi.org/10.31857/S0869587321090103>
39. *Shaver A. et al.* The Causes and Consequences of Refugee Flows: A Contemporary Re-Analysis // ESOC Working Paper. 2022. № 29.
40. Global Internal Displacement Database. <https://www.internal-displacement.org/database/displacement-data> (дата обращения 10.02.2023).
41. Diercke International Atlas. Braunschweig: Westermann, 2021.
42. UNCHR Refugee data finder. <https://www.unhcr.org/refugee-statistics/download/?url=eLJ068> (дата обращения 10.12.2022).
43. Ukraine Refugee Situation. <https://data.unhcr.org/en/situations/ukraine> (дата обращения 20.01.2023).

ЭКОНОМИКА РОССИИ: ГРАНИЦЫ РОСТА

© 2023 г. Б. Л. Лавровский^{а,б,*}, Е. А. Шильцин^{с,**}

^аИнститут экономики и организации промышленного производства СО РАН, Новосибирск, Россия

^бНовосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

^сНовосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

*E-mail: boris.lavrovski@gmail.com

**E-mail: e.shilcin@gmail.com

Поступила в редакцию 23.11.2022 г.

После доработки 20.01.2023 г.

Принята к публикации 13.02.2023 г.

Задача статьи — в перспективе на 15 лет спрогнозировать вероятную динамику ВВП РФ и фонда потребления, опираясь исключительно на высоко агрегированные характеристики инвестиционной деятельности — норму накопления и приростную капиталоемкость. Гипотезы относительно инвестиционных параметров строятся с учётом их значений и тенденций в течение ретроспективного периода 2001–2020 гг. Результаты прогнозных расчётов свидетельствуют о том, что есть принципиальная возможность обеспечить среднегодовые темпы прироста ВВП на перспективу до 2035 г. приблизительно на уровне 3%. Это потребует серьёзных инвестиций с тем, чтобы за три-четыре года повысить норму накопления до 26–27%, одновременно заметно поднять качество инвестиционного ресурса, отдачу от единицы дополнительного капитала, приступить к формированию производственного аппарата на новой технологической платформе.

Ключевые слова: Россия, мир, ВВП, прогноз, темпы роста, норма накопления, приростная капиталоемкость, гипотезы.

DOI: 10.31857/S0869587323030064, **EDN:** QEZRBK

В “Стратегии-2020: новая модель роста — новая социальная политика” говорится, что для реализации стратегических целей нашей стране необходимо не просто экономический рост, но достаточно высокие его темпы — не менее 5% в год,



ЛАВРОВСКИЙ Борис Леонидович — доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник ИЭОПП СО РАН, профессор НГТУ. ШИЛЬЦИН Евгений Александрович — кандидат экономических наук, доцент НГУ.

позволяющие сокращать отставание от наиболее развитых экономик, наращивать инвестиции в инфраструктуру и человеческий капитал [1, с. 8]. В новой реальности актуальным становится сопоставление макроэкономических показателей развития России со среднемировыми оценками. С 2008 г. по настоящее время значение душевого ВВП РФ (GDP per capita, PPP current international \$) по отношению к среднемировому уровню колеблется без видимой тенденции приблизительно в интервале 155–179%. Без учёта паритета покупательной способности (GDP per capita, current US\$) этот показатель составлял с 2017 г. по 2021 г. 93.4–101.9%, в 2021 г. — 99.7%¹.

В соответствии с разработанным Минэкономразвития России основным вариантом Прогноза долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года объём мировой экономики к 2030 г. увеличится в 2 раза относительно 2010 г.; среднегодовые темпы составят 3.5% [3]. Для того чтобы хотя бы

¹ Здесь и далее, если не будет специальных оговорок, расчёты ведутся на информационной базе Всемирного банка [2].

удержаться на достигнутом уровне в мировом экономическом пространстве, не ухудшить сложившееся соотношение с рядом важнейших глобальных индикаторов, среднегодовые темпы прироста ВВП российской экономики в перспективе на 10–15 лет должны быть не меньше 3.0–3.5%. Актуальность проблемы предопределена современной геополитической ситуацией, необходимостью нового взгляда на выбор факторов роста. Всеми признаваемыми источниками развития, рассчитанными на длительную перспективу, являются импортозамещение и подлинное, а не формальное развитие инновационной сферы. Однако выбор ближайших и среднесрочных факторов совсем не очевиден. Но именно этот выбор имеет особое, возможно, критическое значение.

Исключительную важность разработки среднесрочных и долгосрочных прогнозов подтверждает то обстоятельство, что Советом Федерации Федерального Собрания РФ 4 октября 2022 г. принято постановление “О прогнозе социально-экономического развития Российской Федерации на 2023 год и на плановый период 2024 и 2025 годов” [4]. Наиболее авторитетные международные организации, например Всемирный Банк, уделяют этому вопросу серьёзное внимание [5]. Ведущее экономическое агентство “Bloomberg” опубликовало прогноз развития российской экономики до 2030 г. [6]. Отечественные организации, в частности Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН и Институт ВЭБ (Институт исследований и экспертизы Внешэкономбанка), предложили своё видение будущего российской экономики [7, 8]. Минэкономразвития РФ и ЦБ России также представили свои прогнозы, о чём будет сказано ниже.

Чрезвычайная неопределённость будущего мировой экономики, конфигурации глобальной логистики и коммуникаций едва ли позволяет строить обоснованные экономические прогнозы с использованием дезагрегированной информации. Видимо, не случайно во многих научных организациях инструментарий ориентирован в основном на использование компактных моделей с относительно небольшим числом показателей. Экономические прогнозы международных организаций на долгосрочную перспективу также обычно ограничиваются динамикой ВВП в целом. В то же время в условиях заметных флуктуаций возрастает достоверность предвидений, базирующихся на инструментарии со сравнительно стабильными изменениями параметров. Речь идёт о макроэкономических моделях. И здесь, как представляется, в качестве экзогенных характеристик важно использовать измеряемые величины, природа которых понятна, а относительно устойчивые ретроспективные тренды объяснимы.

Задача настоящей статьи заключается в том, чтобы в перспективе до 2035 г. спрогнозировать на операциональном языке возможную динамику ВВП России, фонда потребления, опираясь исключительно на высоко агрегированные характеристики инвестиционной деятельности — норму накопления и отдачу от единицы дополнительного капитала. Одна из важных очевидных особенностей такой постановки вопроса сводится к тому, что учёт любых других ресурсов, в частности трудовых, может не только не улучшить характеристики динамики, но, скорее, ухудшить. Гипотезы относительно прогнозных инвестиционных параметров строятся исходя из их значений и тенденций в течение ретроспективного периода 2001–2020 гг. Краткое обоснование предлагаемого подхода рассмотрено ниже в разделе “Прогнозные оценки”.

МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ И ЕГО ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Прирост производства в абсолютном выражении (ΔY) в контексте инвестиционных параметров можно представить в виде взаимодействия двух факторов: объёма инвестиций в основной капитал (I) и значения потребности в капитале для увеличения объёма продукции на единицу (приростной капиталоемкости) (k):

$$\Delta Y = \frac{I}{k}, \quad \text{где} \quad k = \frac{I}{\Delta Y} \quad (1)$$

Прирост производства в относительном выражении применительно к макроэкономическому уровню выглядит следующим образом²:

$$G = \frac{s}{k}, \quad \text{где} \quad s = \frac{I}{Y}, \quad (2)$$

где G — темп прироста ВВП, I — инвестиции (накопления, сбережения), Y — ВВП, ΔY — прирост ВВП.

Значение нормы накопления ВВП (s) характеризует масштабы инвестиционной деятельности относительно продукта, а величина приростной капиталоемкости (k) — качественную сторону инвестиционного ресурса, свидетельствуя об объёме инвестиций, необходимых для увеличения ВВП на единицу.

Непротиворечивость параметров уравнения (2) предполагает, что прирост производства в году t порождается инвестициями, осуществлёнными в том же году (отсутствие лага). Следует сделать одно методическое замечание, касающееся исчисления показателя приростной капиталоемкости (k): в ретроспективных расчётах при данных темпах прироста ВВП и норме накопления этот по-

² Уравнение (2) приведено в модели Харрода–Домара [9, с. 85], как “фундаментальное уравнение” — в работе [10].

казатель в соответствии с (2) исчисляется по формуле:

$$k = \frac{s}{G} \quad (3)$$

Как известно, норма накопления рассчитывается и публикуется в статистике в текущих ценах в годовом измерении. Для её оценки в среднем за период (1, τ) можно воспользоваться различными приёмами, каждый из которых не безупречен. Фактически используется формула (4):

$$s_{1,\tau} = \frac{1}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} s_t \quad (4)$$

В результате везде в дальнейшем показатель приростной капиталоемкости ($k_{1,\tau}$) за период исчисляется по формуле:

$$k_{1,\tau} = s_{1,\tau} : \left(\left(\frac{Y_\tau}{Y_0} \right)^{\frac{1}{\tau}} - 1 \right), \quad \tau = 1, \dots, T \quad (5)$$

Остановимся подробнее на интерпретации базового выражения (2). Ускорение темпов роста ВВП в прогнозном периоде может быть достигнуто за счёт увеличения нормы накопления s и (или) сокращения приростной капиталоемкости k . В содержательном плане сокращение величины k относительно базового периода означает увеличение отдачи от единицы дополнительного капитала. Иначе говоря, в прогнозном периоде соотношение эффекта от внедрения в производство новых технологических систем (прироста продукта, исчисленного в ценах) и затрат (издержек, связанных с их созданием) благоприятнее, чем аналогичное соотношение в базовом периоде; затраты инвестиций на единицу мощности уменьшаются. Вовлечение в производство технологий с меньшей приростной капиталоемкостью создаёт условия для ускорения экономического роста при неизменной норме накопления.

Если значение приростной капиталоемкости увеличивается, ускорения роста можно добиться только наращиванием нормы накопления. Дополнительные инвестиции в этом случае фактически (более чем) компенсируют их понижающуюся экономическую эффективность. Возможно, что прирост продукта, исчисленного в физических (натуральных) показателях, в единицу времени от внедрения новых технически более совершенных производственных систем выше, чем в базовом периоде.

Следует заметить, что значение показателя приростной капиталоемкости, точнее, обратного ему, можно интерпретировать в соответствии с его природой как действительную отдачу от единицы дополнительного капитала только в ситуации, когда совокупный спрос не ограничен (до-

статочно велик); в условиях суженного спроса данный показатель играет роль балансирующего параметра. Это означает, что корректная интерпретация индикатора $k_{1,\tau}$ предполагает период наблюдений, достаточный для выявления устойчивого, свободного от конъюнктуры тренда макропоказателей. Это важное замечание необходимо иметь в виду при оценке конкретных значений приростной капиталоемкости в период ретропективного развития.

Оценивая влияние инвестиционных параметров на социальную составляющую ВВП – фонд потребления, добавим к соотношению (2) известный баланс:

$$Y = I + C, \quad (6)$$

где C – фонд потребления.

Обозначим через s_t норму накопления в году t , k_t – приростную капиталоемкость в году t . В непрерывном виде при предельном сужении временного шага ($\Delta t \rightarrow 0$) объём инвестиций в году t исчисляется следующим образом:

$$I_t = k_t \cdot Y_t', \quad (7)$$

где Y_t' – производная от Y по времени в точке t .

С учётом (7) интересующее нас основное соотношение можно записать как дифференциальное уравнение (аналогично модели Харрода–Домара [11, 12]):

$$Y_t' = \frac{s_t}{k_t} \cdot Y_t \quad (8)$$

Тогда зависимость объёма фонда потребления C_t в структуре ВВП от параметров s_t и k_t можно представить в виде:

$$C_t = (1 - s_t) \cdot Y_0 \cdot e^{\int \frac{s_t}{k_t} dt} \quad (9)$$

Предполагая изменение нормы накопления во времени (a_0, a_1 – константы)

$$s_t = a_0 + a_1 t, \quad (10)$$

а также неизменность показателя приростной капиталоемкости

$$k_t = k, \quad (11)$$

получим в явном виде аналитическую зависимость объёма ВВП и фонда потребления от значений инвестиционных параметров:

$$Y_t = Y_0 \cdot e^{(a_0 t + 0.5 a_1 t^2)/k}, \quad (12)$$

$$C_t = (1 - a_0 - a_1 t) \cdot Y_0 \cdot e^{(a_0 t + 0.5 a_1 t^2)/k} \quad (13)$$

Соотношения (12) и (13) открывают возможности, связанные с постановкой и решением ряда нетривиальных задач. Например, при каких постоянных значениях k :

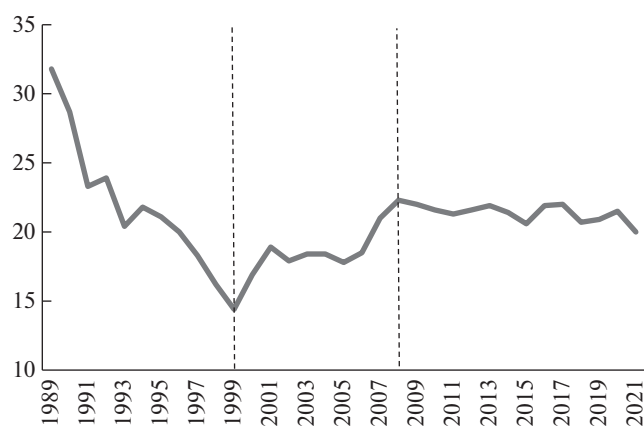


Рис. 1. Норма накопления годовая (Gross fixed capital formation), %

- повышение нормы накопления способствует стабильному росту продукта и фонда потребления;
- норма накопления должна достигнуть уровня, достаточного, чтобы как минимум удерживать достигнутые в базовом периоде масштабы потребления;
- сколь угодно высокая норма накопления уже не в состоянии противостоять устойчивому падению фонда потребления.

Решение этих задач даст возможность оценить параметры масштабов и динамики накопления в интересах роста, не препятствующих (при данной удельной потребности в капитале) увеличению потребления³.

АНАЛИЗ РЕТРОСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ

Экономическое развитие России в течение всего постсоветского периода сопровождается чрезвычайным разнообразием внешних и внутренних условий. Но даже на этом пёстром фоне выделяются 1990-е годы — переходный этап от одной общественно-экономической формации к другой. Эту фазу развития отличали разрушительные лавинообразные процессы в экономике, обусловленные мощным сочетанием деструктивных обстоятельств, связанных преимущественно с развалом страны.

На базе рассмотренного выше методического аппарата ретроспективная оценка связи макроэкономической динамики в РФ и факторов, её обуславливающих, — нормой накопления и приростной капиталоемкостью — позволит в определённой степени обосновать подход к значениям

факторных величин в прогнозном периоде. При этом включение переходного периода в общий ряд данных с целью системного представления этих величин, по нашему мнению, нецелесообразно, поскольку может привести к существенным искажениям. Приведём в качестве характерного примера данные, касающиеся нормы накопления (рис. 1).

Различаются три подпериода с разными характеристиками динамики нормы накопления: падение, рост, стабилизация. Однако особенное (экстремальное) изменение нормы накопления, характеризующееся беспрецедентным её сокращением с 31.8% до 14.4%, относится лишь к отрезку времени 1989–1999 гг. Численные характеристики факторов роста и динамики ВВП в ретроспективе представлены в таблице 1.

Посткризисное существенное ослабление экономической динамики связано прежде всего с резким ухудшением отдачи от дополнительного капитала: значение приростной капиталоемкости выросло с 2.9 долл./долл. в 2001–2008 гг. до 19.9 долл./долл. в 2009–2021 гг. С точки зрения здравого смысла подобная динамика параметра выглядит неправдоподобной, поэтому стоит остановиться на этом феномене подробнее. Дело в том, что развитие в период 2001–2008 гг. во многом опиралось на мобилизацию большого объёма накопленных свободных мощностей (чуть подробнее ниже) и в этом смысле было крайне “капиталоекономным”. При этом ограничения со стороны спроса, прежде всего внешнего и в известной степени внутреннего, были незначительными. После 2009 г. ситуация качественно изменилась. Инвестиционная активность в силу инерции, инвестиционных лагов (формально) несколько возросла, но динамика производства ввиду стеснённого спроса резко затормозилась, среднегодовые темпы прироста ВВП упали в 6 раз. По отношению к интенсивности спроса, масштаб предложения, точнее потенциал вновь создаваемых и реконструируемых мощностей, оказался чрезмерным, излишним. “Капиталорасточительный” характер развития внешне (по законам арифметики) как раз и проявился в резком увеличении показателя приростной капиталоемкости. Ещё большее ослабление спроса привело бы к его взлёту, как говорится, до небес. Форма связи между макроэкономической динамикой и приростной капиталоемкостью на протяжении 2001–2021 гг. показана на рисунке 2. Возраставший до 2007–2008 гг. тренд кумулятивной макроэкономической динамики обусловлен увеличением нормы накопления и поддержан сокращением приростной капиталоемкости.

Возникает вопрос: в чём причины существенных различий показателя приростной капиталоемкости до и после кризиса? Дело в том, что

³Следует заметить, что в последующих расчётах мы опираемся не на модель Харрода–Домара как цельную конструкцию, а лишь на одно из уравнений этой модели, дополненное соотношением (6).

Таблица 1. Сводные данные относительно факторов роста и динамики ВВП до и после кризиса 2008–2009 гг.

Значение параметров за период	2001–2008	2009–2021	2001–2021
Среднее значение нормы накопления, %	19.14	21.34	20.50
Значение приростной капиталоемкости, долл./долл.	2.92	19.94	6.55
Среднегодовые темпы прироста ВВП (constant 2015 US\$), %	6.57	1.07	3.13

Источник [2].

к концу 1990-х в России по известным причинам были накоплены значительные объёмы неиспользуемых мощностей, в основном принудительно. По сопоставимым данным Росстата относительно 77 видов промышленной продукции, средний уровень использования производственных мощностей в целом по промышленности к 2000 г. составил 41.5%. К 2007–2008 гг. благодаря росту экспортных поставок, расширению внутреннего спроса средняя нагрузка достигла примерно 56–58%, а начиная с 2010 г. (по заметно более широкой номенклатуре) — колебалась в интервале 52–56%, не демонстрируя сколько-нибудь заметных изменений⁴. Кроме того, после 2014 г. заметно сократился экспорт. Это означает, что соотношение объёма инвестиций и обусловленного ими прироста продукта резко ухудшается относительно докризисной ситуации.

ПРОГНОЗНЫЕ ОЦЕНКИ

Несколько слов о методологии предлагаемого подхода. Введение в модель единственного ограничивающего ресурса, в данном случае инвестиций, позволяет измерить потенциальную макроэкономическую динамику, не стеснённую какими-либо иными факторами спроса и предложения. Полученные оценки темпов роста ВВП представляют собой в этом случае не столько прогноз (как вероятное развитие событий), сколько идеализированный образ будущего развития.

Ресурсы труда применительно к моделям экономического роста рассматриваются в литературе с двух точек зрения. С одной стороны, это фактор развития через повышение производительности, благодаря увеличению человеческого капитала, с другой — ограничение роста. В прикладных моделях, экономических обзорах трудовые ресурсы чаще всего выступают в качестве лимитирующих факторов, недостаток которых (прежде всего квалифицированных кадров) не позволяет полностью задействовать созданный производственный потенциал, снижает степень использования наличных производственных мощностей. Для иллюстрации этого тезиса обратимся к одному из

докладов Всемирного банка об экономике России, опубликованному в конце 2018 г. Сознательно выбран последний относительно спокойный доковидный период. “В России... замедление темпов экономического роста обусловлено... и сокращением численности рабочей силы” [13, с. 58], и далее: “Увеличение численности населения трудоспособного возраста может повысить потенциальный рост экономики” [13, с. 60].

Краткосрочный прогноз на два-три года с необходимостью включает предположение о межотраслевых, в ряде случаев и пространственных, структурных сдвигах, которые и определяют макроэкономическую динамику. Что касается долгосрочного предвидения в условиях глобальной неопределённости, то такого рода априорные посылки не просто невозможны, скорее, по нашему мнению, вредны. Известным компромиссом может служить использование укрупнённых макроагрегатов, неявно учитывающих структурную трансформацию экономической системы.

Любой прогнозный сценарий, независимо от гипотез относительно управляющих параметров, должен, как представляется, включать три последовательно перетекающие друг в друга стадии — эволюционную, структурной трансформации, ускоренного роста. Здесь нет нужды пояснять содержание каждой из этих стадий. В таблице 2 применительно к одному из возможных сценариев предложены прогнозные оценки ВВП, вытекающие из предположений (о которых ниже) относительно инвестиционных параметров в соответствии с уравнением (2). Таким образом, предполагается последовательный рост нормы накопления. Предельное её значение в конце прогнозного периода приблизительно совпадает с уровнем последних лет советского периода.

Другое допущение касается динамики параметра приростной капиталоемкости. Ключевая гипотеза здесь формулируется так: последовательное приближение сверху в течение прогнозного периода от стадии к стадии к (недостижимому) значению капиталоемкости, зафиксированному на отрезке 2001–2008 гг., который отличался сочетанием крайне благоприятных внешних и внутренних условий. Собственно с этими предположениями и связано в основном ускорение развития.

⁴Источник: Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). Росстат.

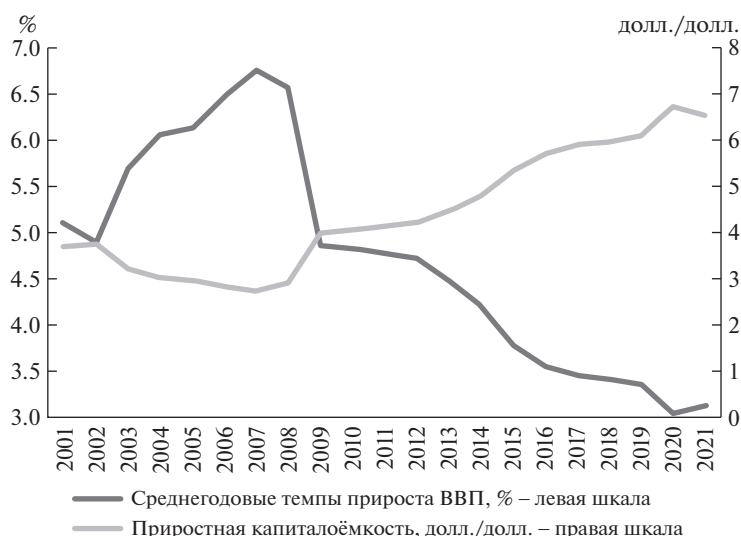


Рис. 2. Некоторые характеристики экономического развития нарастающим итогом (база – 2000 г.)

Подчеркнём, что представление о поведении показателя приростной капиталоемкости в прогнозном периоде базируется на данных ретроспективы 2001–2021 гг. и в этом смысле достаточно реалистично. Принято, что его значение в целом за 2021–2035 гг. выше уровня ретроспективного периода, однако на финальной стадии ускоренного развития (2031–2035) несколько улучшается. Одновременно ожидается, что по мере адаптации российской экономики к международным санкциям мера неопределённости будет

сокращаться. Это допущение в прогнозе реализуется через уменьшение интервала вариации показателя приростной капиталоемкости.

Имеет смысл сопоставить исчисленные прогнозные характеристики с аналогичными оценками, полученными в Минэкономразвития РФ на период 2022–2030 гг. В соответствии с прогнозным сценарием “ускоренной адаптации” этого министерства индекс роста ВВП к 2030 г. не превысит 1.17 по отношению к 2021 г., а среднегодовые темпы прироста за девять лет – 1.76% [14, 15].

Таблица 2. Некоторые базовые и прогнозные характеристики экономического развития РФ по пятилетним стадиям

Показатели	Базовый период	Стадии прогноза				
		I эволюционная стадия	II стадия интенсивной структурной трансформации	III стадия ускоренного развития	I+II	I+II+III прогнозный период в целом
			2026–2030 гг.	2031–2035 гг.	2021–2030 гг.	2021–2035 гг.
ВВП в среднегодовом выражении, интервал, (constant 2015 US\$), млрд долл.	1414.2	1461.2–1473.9	1602.8–1675.0	1924.2–2098.1	532.0–1574.4	1662.7–1749.0
Среднегодовые темпы прироста ВВП (интервал), %	0.85	0.90–1.19	2.5–3.5	4.5–5.3	1.7–2.3	2.6–3.3
Средняя за период норма накопления, %	21.4	21.5	26.5	29.0	24	25.7
Приростная капиталоемкость (интервал), долл./долл.	25.2	18–24	7.6–10.6	5.5–6.5	10.3–14.1	7.8–9.9

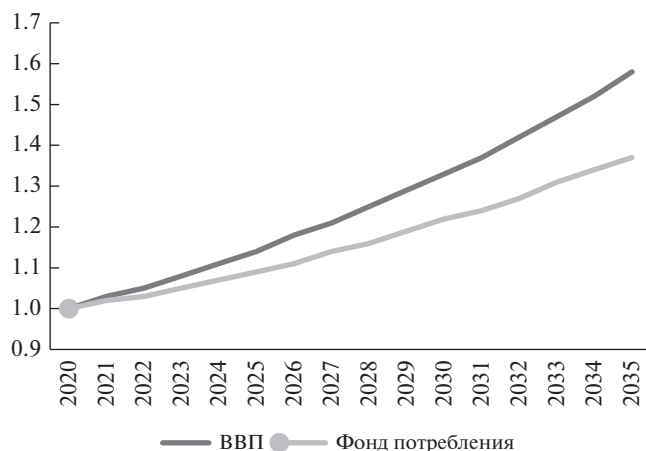


Рис. 3. Индекс роста ВВП и фонда потребления, 2020 – 1.0 ($k = 8.85$)

В наших расчётах среднегодовые темпы прироста за тот же период составят от 1.79 до 2.47%. Поскольку министерство разрабатывает ещё и инерционный и стрессовый сценарии, можно с определённой уверенностью сказать, что наши представления о среднесрочной перспективе до 2030 г. чуть более оптимистичные⁵. Центральный банк России подготовил прогноз на 2022–2025 гг. В соответствии с его базовым сценарием объём ВВП после провала ряда предыдущих лет к 2025 г. в лучшем случае достигнет уровня 2021 г. (по нашим расчётам несколько превысит этот уровень).

Не меньшее, чем динамика ВВП, может быть, даже большее значение имеет прогноз относительно фонда потребления. С этой целью воспользуемся уравнением (13). Норма накопления в 2020 г. составляла 0.218, к 2035 г. предположительно достигнет 0.318. Прогнозный период составляет 15 лет. Тогда искомое уравнение представит в виде:

$$C_t = (1 - 0.218 - 0.00667t) \cdot Y_0 \cdot e^{(0.218t + 0.5 \cdot 0.00667t^2)/k} \quad (14)$$

Характер динамики сводных показателей (при среднем значении приростной капиталоемкости за весь прогнозный период 8.85) представлен на рисунке 3. Можно предположить, что к 2035 г. фонд потребления по отношению к 2020 г. вырастет на 37.3%, при $k = 12.2$ (среднее значение на первых двух стадиях) – на 21.2%.

⁵В связи с прогнозами Минэкономразвития России нельзя не упомянуть об одном курьёзе. Министерство предложило свой прогноз на 2022 г., 2024–2025 гг. и в целом на период 2022–2025 гг. При этом на итоговой стратсессии по основным направлениям экономической политики в условиях санкций министр отказался дать прогноз на 2023 г. в связи с тем, что «дискуссии по поводу этой оценки продолжают-ся и остаются чувствительными» [15].

ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

В соответствии с нашими прогнозными расчётами среднегодовые темпы прироста ВВП в 2021–2035 гг. (2.6–3.3%), несмотря на разительные отличия, касающиеся прежде всего внешних условий, примерно совпадают с динамикой в ретроспективе 2001–2021 гг. (3.13%). На этой коллизии стоит остановиться подробнее. Темпы прироста ВВП за первые 10 лет прогнозного периода составят 1.70–2.34%, некоторое ускорение ожидается только к заключительному пятилетию. Импульс ускорению будет задан на стадии интенсивной структурной трансформации (2026–2030), когда норма накопления по отношению к предшествующему пятилетию эволюционного (экстраполяционного) развития заметно возрастет (на 5 п.п.).

Форсированное развёртывание инвестиций хотя бы ко второй половине 2020-х годов – ключ для всей прогнозной конструкции; речь идёт об одновременных крупных структурных сдвигах внутри инвестиционного комплекса, о новой технологической платформе. Предполагается, что возмещение и расширение основного капитала с привлечением лучших технологий на стадии интенсивной структурной трансформации проявится в сокращении приростной капиталоемкости относительно предыдущего пятилетия более чем наполовину. Это потребует экстраординарных усилий.

В течение 2015–2020 гг. в структуре инвестиций в основной капитал по видам экономической деятельности доля добычи угля, нефти и природного газа⁶ составляла в совокупности примерно 14–16% [17]. Обусловленное международными санкциями существенное снижение объёмов экспорта, а следовательно, сокращение добычи⁷ неизбежно приведёт к ограничению и сжатию инвестиционных программ в этих отраслях. Потребуется серьёзное напряжение, чтобы не просто возместить выпадающие объёмы вложений, но значительно их нарастить за счёт современных фондосоздающих производств. Между тем в течение 2015–2020 гг. в структуре инвестиций в основной капитал по видам экономической деятельности доля производства машин и оборудо-

⁶Включая предоставление услуг в области добычи полезных ископаемых: проведение поисково-разведочных работ, бурение, монтаж, ремонт и демонтаж буровой установки на месте, сжижение и обогащение природного газа на месте добычи и пр. [16].

⁷По прогнозам Минэкономразвития России добыча нефти в 2022 г. ожидается на уровне 515 млн тонн, в 2023 г. – 475 млн тонн по сравнению с 524 млн тонн в 2021 г.; добыча газа – соответственно 710.9 млрд кубометров и 713 млрд против 763.5 млрд в 2021 г. [18]. По экспертным оценкам, во II квартале 2022 г. экспорт российского угля в Японию и Южную Корею сократился на 17.2% по отношению к предыдущему кварталу, а в июле среднесуточный экспорт снизился ещё на 25.3% по сравнению со II кварталом [19].

вания (не включённых в другие группировки), в том числе их ремонт и монтаж, составляла примерно 0.5%; информационных технологий, производства компьютеров, электронных и оптических изделий, разработка компьютерного программного обеспечения, консультационные услуги в данной области – в совокупности 1.0% [17]. Разумеется, Правительство РФ в рамках политики импортозамещения разрабатывает соответствующие многообещающие фундаментальные программы и проекты развития. В частности, подготовлена предварительная концепция нового нацпроекта в области электроники. Его реализация до 2030 г. может стоить 3.19 трлн руб. [20]. Но если за ближайшие три-четыре года этот и многие другие амбициозные проекты, прежде всего в сфере инвестиционного машиностроения, не будут в необходимой степени подготовлены для полномасштабной реализации, то прогнозы Минэкономразвития России и ЦБ могут оказаться чересчур оптимистичными.

Поддержание примерно одного и того же за последние 10–12 лет соотношения душевого ВВП в России со значением соответствующего показателя в целом по миру обеспечивалось преимущественно рентными доходами с весьма скромным значением нормы накопления (21–22%). Результаты прогнозных расчётов свидетельствуют о том, что существует принципиальная возможность сохранить status quo, как и обеспечить в РФ среднегодовые темпы прироста ВВП на перспективу до 2035 г. приблизительно на уровне 3%. Необходимые для этого масштабные инвестиции должны быть ориентированы не только на то, чтобы за три-четыре года повысить норму накопления до 26–27%, но и на одновременное повышение качества инвестиционного ресурса, формирование производственных мощностей на новой технологической платформе.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Статья подготовлена в рамках выполнения плана НИР ИЭОПП СО РАН, проект № 121040100262-7 “Инструменты, технологии и результаты анализа, моделирования и прогнозирования пространственного развития социально-экономической системы России и её отдельных территорий”.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия-2020: Новая модель роста – новая социальная политика. Итоговый доклад о результатах экспертной работы по актуальным проблемам социально-экономической стратегии России на период до 2020 года. Кн. 1 / Научн. ред. В.А. Мау, Я.И. Кузьмина. М.: Издательский дом “Дело” РАНХиГС, 2013.

2. World Development Indicators database, World Bank. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> (дата обращения 15.11.2022).
3. Распоряжение Правительства РФ от 06.10.2021 № 2816-р (ред. от 14.03.2022) “Об утверждении перечня инициатив социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 года”. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144190/efed04ada37b4d8e820b83d0cdd4ea1a2a2ae240/ (дата обращения 15.11.2022).
4. О прогнозе социально-экономического развития Российской Федерации на 2023 год и на плановый период 2024 и 2025 годов. <http://council.gov.ru/activity/documents/138956/> (дата обращения 15.11.2022).
5. World Bank. 2022. “Social Protection for Recovery” – Europe and Central Asia Economic Update (Fall). Washington, DC: World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1928-5>; <https://www.gazeta.ru/business/2022/10/04/15575173.shtml> (дата обращения 15.11.2022).
6. Страшный прогноз для экономики РФ от Bloomberg: сбудется ли он. <https://news.ru/economics/strashnyj-prognoz-dlya-ekonomiki-rf-ot-bloomberg-sbudetsya-li-on/> (дата обращения 15.11.2022).
7. Научный доклад “Потенциальные возможности роста российской экономики: анализ и прогноз” / Под ред. члена-корреспондента РАН А.А. Широ-ва. М.: Артик Принт, 2022. <https://doi.org/10.47711/sr2-2022>; <https://ecfor.ru/wpcontent/uploads/2022/07/potentsialnye-vozmozh-nosti-rosta-rossijskoj-ekonomiki-analiz-i-prognoz.pdf> (дата обращения 15.11.2022).
8. Институт ВЭБ. Текущая ситуация и прогноз развития российской экономики в условиях санкций. Сентябрь 2022. <http://inveb.ru/attachments/article/883/%20%D1%81%D0%B8%D1%82%D1%83%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%20%D0%B8%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%BD%D0%BE%D0%B7~.pdf> (дата обращения 15.11.2022).
9. Харрод Р.Ф. К теории экономической динамики. М.: Гелиос АРВ, 1999.
10. Blume L.E., Sargent T.J. and Harrod R.F. HARROD 1939 / The Economic Journal. 1939. V. 125. Is. 583. March 2015. P. 350–377.
11. Harrod R.F. An essay in dynamic theory // Economic Journal. 1939. V. 49 (193). P. 14–33.
12. Domar D.E. Capital Expansion, Rate of Growth, and Employment // Econometrica. V. 14. № 2. 1946. P. 137–147.
13. Всемирный банк. Доклад об экономике России № 40, декабрь 2018. <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/970371543924414355-0080022018/original/RER40Russian.pdf> (дата обращения 15.11.2022).
14. Глава минэкономразвития РФ спрогнозировал рост ВВП страны на 17% к 2030 году. <https://53news.ru/novosti/glava-minekonomrazvitiya-rf-sprognoziroval-rost-vvp-strany-na-17-k-2030-godu.html> (дата обращения 15.11.2022).

15. Минэкономразвития улучшило прогноз снижения ВВП РФ в 2022 г. до 4.2% с 78%. <https://www.interfax.ru/business/856952> (дата обращения 15.11.2022).
16. Код ОКВЭД 09.10: Предоставление услуг в области добычи нефти и природного газа. <https://www.regfile.ru/okved2/razdel-b/09/09.1/09.10.html> (дата обращения 15.11.2022).
17. Росстат. Инвестиции в России. https://gks.ru/bgd/regl/b21_56/Main.htm (дата обращения 15.11.2022).
18. Минэкономразвития РФ ожидает снижения добычи нефти и газа и роста доходов от их продажи. <https://oilcapital.ru/news/2022-08-17/minekonom-razvitiya-rf-ozhidaet-snizheniya-dobychi-nefti-i-gaza-i-rosta-dohodov-ot-ih-prodazhi-1224769> (дата обращения 15.11.2022).
19. Закопались: как Европа находит новых поставщиков угля, а Россия — новых клиентов. <https://www.forbes.ru/biznes/472953-zakopalis-kak-evropa-nahodit-novyh-postavsikov-ugla-a-rossia-novyh-klientov> (дата обращения 15.11.2022).
20. Правительство снацпроектировало электронику. Власти конкретизировали планы спасения отрасли. <https://www.kommersant.ru/doc/5306920> (дата обращения 15.11.2022).

УСЛОВИЯ И ФАКТОРЫ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО И ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ

© 2023 г. А. В. Тодосийчук^{а,*}

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

*E-mail: atodos@yandex.ru

Поступила в редакцию 20.12.2022 г.

После доработки 12.01.2023 г.

Принята к публикации 30.01.2023 г.

В условиях перехода мировой экономики на новую технологическую основу лидерство в науке и технологиях, ускоренное внедрение результатов научных исследований в производство для обеспечения полного инновационного цикла становятся одними из ключевых факторов повышения конкурентоспособности страны. В статье проанализированы состояние научно-технологического и инновационного потенциала нашей страны, механизм реализации государственной научно-технической и инновационной политики, в том числе финансирования науки и инноваций из федерального бюджета, предложены меры его совершенствования для повышения результативности научной, научно-технической и инновационной деятельности, конкурентоспособности национальной экономики.

Ключевые слова: наука, инновации, экономика, научно-технический потенциал, инновационный потенциал, научно-техническая политика, инновационная политика, финансирование, налогообложение, кредитование.

DOI: 10.31857/S086958732303012X, EDN: SISQCD

Необходимость выхода экономики нашей страны на инновационную траекторию развития убедительно доказана учёными, закреплена в ряде федеральных нормативных правовых актов. В частности, в Стратегии национальной безопасности Российской Федерации (утверждена Указом Президента РФ от 2 июля 2021 г. № 400) отмечено, что в условиях перехода мировой экономики на новую технологическую основу лидерство в развитии науки и технологий становится одним из ключевых факторов повышения конкурентоспособности и обеспечения национальной без-

опасности страны. Как свидетельствуют результаты международных сопоставлений, страны, обладающие высоким научно-техническим и инновационным потенциалом, лидируют по объёмам валового внутреннего продукта (ВВП), удельному весу ВВП на душу населения, инвестициям в человеческий капитал, включающим в себя расходы государства на образование, здравоохранение, культуру.

Для оценки уровня инновационной активности стран мира применяется показатель “Глобальный инновационный индекс”. Для его расчёта используются данные о результативности научной, научно-технической и инновационной деятельности, состоянии человеческого капитала, исследовательской инфраструктуре, восприимчивости бизнеса к инновациям, состоянии рынка и др. По данным доклада “Глобальный инновационный индекс 2022” среди 132 обследованных стран лидирующие позиции занимали Швейцария, США, Швеция, Великобритания, Нидерланды, Республика Корея, Сингапур, Германия, Финляндия, Дания. Из стран членов БРИКС Китай занимал 11 место, Индия – 40-е,



ТОДОСИЙЧУК Анатолий Васильевич – доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник Центра научно-информационных исследований по науке, образованию и технологиям ИНИОН РАН.

Таблица 1. Внутренние затраты на научные исследования и разработки, млрд руб.

Показатель	2000	2010	2015	2018	2019	2020	2021*	2022**
Внутренние затраты на научные исследования и разработки	76.7	523.4	914.7	1028.2	1134.8	1174.5	1301.5	1333.3
В процентах ВВП	1.05	1.13	1.10	0.99	1.04	1.10	1.0	1.0

*Данные Росстата.

**Экспертная оценка.

Россия — 47-е, Бразилия — 54-е, ЮАР — 61-е [1, p. 19].

Анализ мирового рынка технологий свидетельствует о том, что в последние три десятилетия Российская Федерация в основном их импортировала, причём из развитых стран. Например, в 2020 г. на страны, входящие в Организацию экономического сотрудничества и развития, пришлось 78.6% всех затрат на импорт технологий, на страны БРИКС — 4.2% [2, с. 305, 307]. В структуре российского экспорта значительную часть составляют сырьевые ресурсы. В общем его объёме в том же 2020 г. удельный вес минеральных продуктов, направлявшихся в страны дальнего зарубежья, составил 55.4%, металлов, драгоценных камней и изделий из них — 20.1%, продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья — 8%. Удельный вес экспорта машин, оборудования и транспортных средств составил 5.5% [3, с. 576].

Выход российской экономики на инновационную траекторию развития, что невозможно без значительной активизации научной и научно-технической деятельности, требует благоприятных социально-экономических условий, макроэкономической стабильности, надлежащего ресурсного обеспечения. Особую значимость наука и инновации приобретают в условиях резко обострившейся геополитической и внешнеэкономической ситуации, нестабильности на мировом рынке товаров, работ, услуг вследствие дополнительного введения в 2022 г. странами Запада многочисленных пакетов санкций в отношении России.

Наука — основной фактор перехода экономики на траекторию инновационного развития. Именно наука должна стать ведущим фактором изменения технологической структуры народного хозяйства, обеспечить приоритетное развитие высокотехнологичных и обрабатывающих секторов промышленности и производств постиндустриального типа. Как отмечено в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (утверждена Указом Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642), в стране имеется значительный потенциал в ряде областей фундаментальных научных исследований, что находит отражение, в частности, в рамках реализации совместных меж-

дународных проектов. Однако, как отмечено в документе, направления исследований и разработок в значительной степени соответствуют тем, которые были актуальны для последних десятилетий прошлого века.

Поступательное развитие науки наряду с качеством государственного управления научно-технологическим развитием зависит от уровня её финансирования. Объёмы внутренних затрат на научные исследования и разработки в ценах соответствующих лет представлены в таблице 1 [3, с. 486]. Следует отметить, что паспортом государственной программы «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» (утверждён решением Правительства РФ от 22 сентября 2022 г., протокол № 31) намечено достижение следующих значений доли внутренних затрат на научные исследования и разработки (в процентах ВВП): 1.0% — в 2022 г., 1.03—2023 г., 1.04—2024 г., 1.16% — 2025 г. Для сравнения: в развитых странах удельный вес внутренних затрат на научные исследования и разработки составляет 2.5—4.7% ВВП.

Как уже не раз констатировалось, одна из причин такого отставания РФ по объёмам финансирования науки — индифферентность предпринимательского сектора экономики к науке (в 2020 г. его удельный вес во внутренних затратах на научные исследования и разработки составил 29.2%). В развитых странах основным источником финансирования научных исследований и разработок выступает частный бизнес. Например, в США удельный вес средств предпринимательского сектора во внутренних затратах на научные исследования и разработки в том же году составил 63.3%, Германии — 64.5, Японии — 78.9% [2, с. 349, 350]. Примечательно, что по состоянию на 1 октября 2022 г. в Российской Федерации 84.8% предприятий находилось в частной собственности [4, с. 115]. Поэтому необходимо на всех уровнях государственного управления принимать меры по созданию благоприятных условий для привлечения частных инвестиций в научно-техническую сферу. Некоторые предложения в этой области приводятся в завершающей части статьи.

Анализ финансового состояния научно-технологической сферы показывает, что она пребывает в стагнации. По итогам 2020 г. доля убыточных

организаций, ведущих научные исследования и разработки от общего числа таких организаций, составила 35.3% [3, с. 335], за январь–сентябрь 2022 г., по данным Росстата, – 47.2% [4, с. 169].

Статистические данные динамики научно-технологического потенциала страны свидетельствуют о том, что в 2021 г. насчитывалось 4175 организаций, выполнявших научные исследования и разработки (в 2000 г. – 4099). При этом число научно-исследовательских организаций сократилось за два последних десятилетия с 2686 до 1627, проектных и проектно-изыскательских организаций – с 85 до 13¹.

Численность персонала, занятого исследованиями и разработками, имеет тенденцию к сокращению – с 887.7 тыс. человек в 2000 г. до 662.7 тыс. в 2021 г., а численность исследователей – с 425.9 тыс. человек до 340.1 тыс. (на 20.1%)². В большей мере численность исследователей снижалась в возрастных группах 40–49 лет (на 43.6%) и 50–59 лет (на 59.8%). При этом в возрастной группе 30–39 лет она выросла на 44.6%. Средний возраст исследователей за 2000–2021 гг. снизился с 49 до 46 лет.

Несомненно, что одной из основных движущих сил социально-экономического развития являются экономические интересы работников. Для наёмных работников – это прежде всего заработная плата, возможность карьерного роста, решения жилищных проблем. По данным Росстата, в январе–сентябре 2022 г. размер среднемесячной номинальной заработной платы персонала, занятого исследованиями и разработками, составил 98.5 тыс. руб., что соответствует 159% по экономике в целом [4, с. 208]. При этом очевидно, что среднемесячная номинальная заработная плата как показатель не отражает реальную ситуацию с оплатой труда в научно-технологической сфере отдельных категорий работников.

Развитие науки требует надлежащего материально-технического оснащения научного труда. Коэффициент износа основных средств в организациях, осуществляющих профессиональную научную и научно-техническую деятельность, вырос с 42.5% в 2018 г. [3, с. 312] до 51.8% в 2021 г.³ Износ основных фондов науки растёт на фоне недостаточной развитости отечественного научного приборостроения. В этой связи следует отметить, что в рамках государственной программы “Научно-технологическое развитие Российской Федерации” реализуется федеральный проект “Развитие отечественного приборостроения гражданского назначения для научных исследований”. На его реализацию из федерального бюджета в

2023 г. планируется выделить 4.1 млрд руб., 2024 г. – 3.9 млрд руб., 2025 г. – 3.9 млрд руб. На наш взгляд, в целях ускоренного обновления активной части основных фондов науки, для развития отечественного научного приборостроения необходимо существенно увеличить размер бюджетных ассигнований, а также создать благоприятные условия привлечения инвестиций предпринимательского сектора экономики, в том числе в рамках государственно-частного партнерства.

Одним из основных показателей состояния научно-технологического потенциала и эффективности его использования служит результативность научной и научно-технической деятельности, отражаемая, в частности, не только числом выданных патентов на изобретения, но и числом заявок на них. Число таких заявок, поданных отечественными авторами, уменьшилось с 23 377 в 2000 г. до 19 569 в 2021 г. Коэффициент технологической зависимости (соотношение числа иностранных и отечественных патентных заявок на изобретения, поданных в России) вырос с 0.23 в 2000 г. до 0.58 в 2021 г. [5, с. 135].

Инновационное развитие экономики немислимо без инновационного развития самой науки [6]. Необходимо формировать эффективный хозяйственный механизм, нацеленный на развитие новых научных направлений, определяющих технико-технологический облик экономики XXI столетия. Основные элементы такого механизма – качественная и полноценная нормативная правовая база; организационное, финансовое, кадровое, материально-техническое, интеллектуальное обеспечение; эффективная система образования, включающая подготовку и аттестацию научных и научно-педагогических кадров; объективная научная и научно-техническая экспертиза программ и проектов; гибкая налоговая система; льготное кредитование; антимонопольное регулирование, обеспечивающее формирование конкурентной среды в научно-технологической сфере.

Результативность инновационной деятельности в экономике, её вклад в экономический рост и социальный прогресс в значительной мере зависит от инновационного потенциала предприятий, главным образом промышленного сектора. Результативность характеризуется такими основными показателями, как количество и удельный вес предприятий, внедряющих научно-технические достижения в производство, уровень затрат на инновационную деятельность и их удельный вес в общем объёме отгруженной продукции, объём и удельный вес инновационной продукции в общем объёме отгруженной.

Динамика уровня инновационной активности отечественных товаропроизводителей в 2000–2021 гг. приведена в таблице 2 [2, с. 28]. По этому

¹ <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>

² <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>

³ <https://rosstat.gov.ru/folder/11189>

Таблица 2. Уровень инновационной активности предприятий

Показатель	2000	2010	2014	2016	2018	2019	2020	2021*
Удельный вес предприятий, осуществлявших инновационную деятельность (в % от общего числа предприятий)	10.6	9.5	9.9	8.4	12.8	9.1	10.8	11.9

*Данные Росстата.

Таблица 3. Затраты на инновационную деятельность

Годы	Затраты на инновационную деятельность, млн руб.	Удельный вес затрат на инновационную деятельность в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, оказанных услуг, %
2000	62 115.2	1.8
2010	400 803.8	1.6
2015	1 203 638.1	2.6
2018	1 472 822.3	2.1
2019	1 954 133.3	2.1
2020	2 134 038.4	2.3
2021*	2 379 709.9	2.0

*Данные Росстата.

показателю Россия значительно отстает от развитых стран. Так, в 2020 г. удельный вес предприятий, осуществлявших инновационную деятельность, составил в Канаде 79.3%, Германии – 67.8, США – 64.7 [7, с. 256].

Как свидетельствует мировая практика, основным источником финансирования инновационной деятельности являются собственные средства предприятий. В 2020 г. структура таких затрат в нашей стране имела следующий вид: собственные средства предприятий – 55.3%, федеральный бюджет – 23.4%, бюджеты субъектов РФ и местные бюджеты – 1.5%, фонды поддержки научной и научно-технической деятельности – 0.6%, иностранные инвестиции – 0.6%, венчурные фонды – 0.01%, прочие средства – 18.59% [7, с. 80]. Затраты на инновационную деятельность, а также удельный вес затрат на инновационную деятельность в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, оказанных услуг в 2000–2021 гг. представлены в таблице 3 [2, с. 28; 7, с. 18].

Анализ структуры затрат на инновационную деятельность по данным за 2021 г. свидетельствует о том, что основными статьями расходов отечественных предприятий выступают затраты на исследования и разработки новых видов продуктов, услуг и методов их производства (передачи), новых производственных процессов (43.4%), а так-

же на приобретение машин, оборудования, прочих основных средств (36.6%).

Относительно высокие затраты на приобретение машин, оборудования, прочих основных средств в расходах на инновационную деятельность свидетельствуют о необходимости обеспечить модернизацию материально-технической базы отечественных предприятий. По данным Росстата в 2021 г. уровень износа основных фондов в экономике составил 51.0%, а коэффициент их обновления 8.3%⁴. Очевидно, что при таком уровне износа основных фондов значительная часть предприятий не в состоянии внедрять в производство принципиально новые научно-технические результаты, особенно изобретения, не имеющие аналогов.

Важными характеристиками инновационного потенциала экономики служат объем производства и удельный вес инновационной продукции в объеме отгруженной продукции. Их динамика с 2000 г. по 2021 г. представлена в таблице 4 [7, с. 19].

Механизм реализации государственной научно-технической и инновационной политики. Инновационное развитие экономики в значительной мере определяется этим механизмом, включающим в себя финансирование, льготное налогообложе-

⁴ <https://rosstat.gov.ru/folder/11189>

Таблица 4. Объём и удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в объёме отгруженной продукции

Годы	Объём отгруженной инновационной продукции (работ, услуг) в отпускных ценах, млн руб.	Доля отгруженной инновационной продукции в объёме продукции (работ, услуг), %
2000	154 682.4	4.4
2010	1 243 712.5	4.8
2015	3 843 428.7	8.4
2018	4 516 276.4	6.5
2019	4 863 381.9	5.3
2020	5 189 046.2	5.7
2021*	6 003 342.0	5.0

*Данные Росстата.

Таблица 5. Ассигнования на гражданскую науку из средств федерального бюджета, млрд руб.

Показатель	2000	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022*
Ассигнования на гражданскую науку из средств федерального бюджета	17.4	237.6	439.4	420.5	489.2	549.6	564.5	568.9
В процентах ВВП	0.24	0.51	0.53	0.40	0.45	0.51	0.43	0.43

*Экспертная оценка.

ние, кредитование и др. В Российской Федерации основным источником финансирования научной и научно-технической деятельности служит федеральный бюджет (около 70%). Этот факт объясняется как индифферентностью предпринимательского сектора к науке, недостаточно эффективным механизмом налогообложения и кредитования, а также тем, что основная часть доходов консолидированного бюджета страны сконцентрирована в федеральном бюджете. В частности, в январе–сентябре 2022 г. в консолидированный бюджет РФ поступило федеральных налогов и сборов на сумму 22 259.1 млрд руб. (92.5% общей суммы налоговых доходов), региональных – 904.2 млрд руб. (3.8%), местных – 150.4 млрд руб. (0.6%), налогов со специальным налоговым режимом – 758.7 млрд руб. (3.1%) [4, с. 164].

Рассмотрим основные финансовые инструменты реализации государственной научно-технической политики. В таблице 5 приведены данные об ассигнованиях на гражданскую науку из федерального бюджета в 2000–2022 гг. [2, с. 108; 3, с. 486]. По моим расчётам, расходы на эти цели в 2023–2025 гг. запланированы Федеральным законом от 5 декабря 2022 г. № 466-ФЗ “О федеральном бюджете на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов” в следующих размерах: в 2023 г. – 569.7 млрд руб., 2024 г. – 561.5 млрд руб., 2025 г. – 441.4 млрд руб. В процентах ВВП расходы на гражданскую науку составят: 2023 г. –

0.38%, 2024 г. – 0.35%, 2025 г. – 0.26%. На проведение фундаментальных научных исследований запланированы следующие ассигнования: в 2023 г. – 252.9 млрд руб., 2024 г. – 254.2 млрд руб., 2025 г. – 232.0 млрд руб., в процентах ВВП в 2023 г. – 0.17%, 2024 г. – 0.16%, 2025 г. – 0.14%.

В этой связи отмечу, что в федеральном бюджете отсутствует специальный раздел “Наука”, в котором целесообразно было бы представить данные о совокупных бюджетных ассигнованиях на научные исследования и разработки с разбивкой расходов по видам исследований (фундаментальные научные исследования, прикладные научные исследования, экспериментальные разработки) и по областям науки.

Обращает на себя внимание низкий вклад субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления в финансирование науки. Такое состояние дел во многом можно объяснить тем, что подавляющее большинство регионов страны дотационны. В работе [8] предложены подходы к привлечению средств субъектов Российской Федерации к софинансированию совместных с федеральными фондами научных проектов, способы поддержки научной и научно-технической деятельности. Суть указанных подходов заключается в создании органами государственной власти субъектов Российской Федерации региональных фондов поддержки научной и научно-технической деятельности, которые про-

водят конкурсы с учётом специфики регионов, а также уполномочены осуществлять отбор и финансирование совместных с федеральными фондами научных проектов. Региональные научные фонды вправе привлекать к финансированию научных проектов помимо средств регионального бюджета другие источники, в том числе средства институтов инновационного развития, частного бизнеса, заинтересованного в результатах научных исследований и разработок.

Базовым инструментом реализации целей государственной научно-технической и инновационной политики, а также государственной политики в сфере высшего образования служит государственная программа “Научно-технологическое развитие Российской Федерации”, утвержденная Постановлением Правительства РФ от 29 марта 2019 г. № 377 (далее — ГП НТР). Напомню, что с утверждением ГП НТР была досрочно прекращена реализация государственной программы Российской Федерации “Развитие науки и технологий” на 2013–2020 годы (далее — ГП РНТ), утвержденная распоряжением Правительства РФ от 20 декабря 2012 г. № 2433-р. По своей структуре ГП РНТ представляла собой в разные годы набор из 5–6 подпрограмм и 2–3 самостоятельных федеральных целевых программ. ГП РНТ ежегодно корректировалась, в основном в сторону уменьшения бюджетного финансирования, а также значений целевых показателей [9]. Анализ новой ГП НТР свидетельствует о том, что она представляет собой в основном набор зачастую автономных федеральных и ведомственных проектов, комплексных мероприятий (субсидии на проведение научных исследований и разработок, реализацию образовательных программ высшего образования, поддержку университетского технологического предпринимательства, на автономное судовождение, безопасность дорожного движения, развитие отдельных территорий, финансовое обеспечение выполнения функций федеральных государственных органов и т.п.). В рамках ГП НТР реализуется Программа фундаментальных научных исследований в РФ на долгосрочный период (2021–2030 гг.), утвержденная распоряжением Правительства РФ от 31 декабря 2020 г. № 3684-р. Бюджетные ассигнования, предусмотренные на реализацию ГП НТР, в 2023 г. составят 1228.6 млрд руб., 2024 г. — 1292.3 млрд руб., 2025 г. — 1133.8 млрд руб. По экспертным оценкам, основная часть расходов в 2023 г. (54%) приходится на развитие высшего образования.

В целях ответа на актуальные вызовы, с которыми сталкивается национальная экономика, а также достижения стратегических целей и задач социально-экономического развития Постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 316 утверждена государственная программа

“Экономическое развитие и инновационная экономика”. На её реализацию из федерального бюджета в 2023 г. планируется выделить 143.0 млрд руб., 2024 г. — 136.2 млрд руб., 2025 г. — 57.9 млрд руб. В рамках этой программы реализуется ряд разноплановых федеральных проектов. В числе связанных с инновационным развитием экономики можно назвать федеральный проект “Взлёт — от стартапа до IPO”. На его реализацию из федерального бюджета в 2023 г. планируется выделить 16.0 млрд руб., 2024 г. — 16.6 млрд руб., 2025 г. — 16.2 млрд руб. Основная часть этих средств направляется на субсидии некоммерческой организации “Фонд развития Центра разработки и коммерциализации технологий” для обеспечения функционирования инновационного центра “Сколково”, созданного в соответствии с Федеральным законом от 28 сентября 2010 г. № 244-ФЗ «Об инновационном центре “Сколково”». В то же время официальных статистических данных о результатах научной, научно-технической и инновационной деятельности инновационного центра “Сколково”, позволяющих судить об эффективности использования бюджетных ассигнований, выделяемых на его содержание начиная с 2010 г., не приводится.

В рамках государственных программ финансируется деятельность институтов инновационного развития. В соответствии с ч. 17 ст. 2 Федерального закона от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ “О науке и государственной научно-технической политике” распоряжением Правительства РФ от 5 февраля 2021 г. № 241-р утверждён перечень институтов инновационного развития. В частности, в их число входят государственная корпорация “ВЭБ.РФ”, АО “Дом.РФ”, ФГБУ “Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере”, АО “Российская венчурная компания”, а также упоминавшийся “Фонд развития Центра разработки и коммерциализации технологий”. Институты инновационного развития вправе самостоятельно осуществлять инновационную деятельность и оказывать поддержку юридическим и физическим лицам, осуществляющим такую деятельность.

Проведённый автором статьи анализ показал, что реализация государственных научных и научно-технических программ в 2014–2022 гг. не привела к существенному росту результативности научной, научно-технической и инновационной деятельности, повышению вклада науки, инноваций и интеллектуального капитала в экономический рост. Приведённые выше данные свидетельствуют о необходимости совершенствования механизма реализации государственной научно-технической и инновационной политики, обеспечивающего привлечение частных инвестиций в инновационную сферу для развития и эффективного использования инновационного потенциа-

ла страны с целью ускоренной разработки, освоения и производства инновационной продукции, конкурентоспособной на мировом рынке.

Совершенствование механизма формирования и реализации государственной научно-технической и инновационной политики. Одно из основных направлений решения этой задачи — разработка методов и моделей государственного регулирования и стимулирования с целью повышения восприимчивости хозяйствующих субъектов к науке и инновациям с учётом сложности стоящих задач и необходимостью комплексного их решения. Казалось бы, предпринимательский сектор экономики должен проявить высокую заинтересованность в разработке и внедрении передовых научно-технических достижений для повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции. К сожалению, этого пока не наблюдается. Что же необходимо предпринять на всех уровнях государственного управления, но главным образом на федеральном, для повышения инновационной активности предприятий?

Результаты опроса руководителей и специалистов предприятий свидетельствуют о том, что в число основных факторов, ограничивающих их деловую активность, препятствующих осуществлению инновационной деятельности, входят: недостаток собственных финансовых ресурсов, недостаток финансовой поддержки со стороны государства, высокий уровень налогообложения, высокий процент коммерческого кредита, низкий спрос на новую продукцию, низкий платёжеспособный спрос населения, высокий экономический риск [7, с. 198]. Таким образом, инновационное развитие экономики станет возможным при формировании благоприятного инвестиционного климата, позволяющего предприятиям, как основному звену экономики, повысить платёжеспособный спрос на рынках факторов производства, в том числе на научно-техническую продукцию, обеспечить их способность уже в краткосрочном периоде перестроить производство на выпуск инновационной продукции высокого качества.

При разработке методов государственного регулирования и стимулирования научной, научно-технической и инновационной деятельности необходимо прежде всего учитывать: уровень социально-экономического и научно-технологического развития страны; платёжеспособный спрос предприятий и домашних хозяйств; объём, структуру доходов и расходов бюджетной системы; технологическую структуру экономики, состояние основных фондов; масштаб реализуемых научных, научно-технических и инновационных проектов. В условиях бюджетного дефицита, наряду с прямым бюджетным финансированием науки и инноваций, необходимо более эффективно ис-

пользовать методы косвенного государственного регулирования и стимулирования научной, научно-технической и инновационной деятельности, прежде всего налоговые льготы и льготное кредитование.

Решение проблем перехода экономики на траекторию инновационного развития невозможно без создания эффективной налоговой системы, которая, помимо прочих инструментов государственного регулирования, определяет уровень деловой активности предприятий, размер их платёжеспособного спроса на рынке факторов производства. Действующая налоговая система выполняет в основном фискальную функцию. В условиях дефицита платёжеспособного спроса предприятий на указанных рынках налоговая система должна быть ориентирована прежде всего на реализацию стимулирующей функции, поэтому, наряду с действующими налоговыми льготами, необходимо внести в Налоговый кодекс РФ изменения, предусматривающие:

- освобождение субъектов инновационного предпринимательства от уплаты налога на добавленную стоимость реализуемых товаров, работ, услуг, основанных на использовании в собственном производстве изобретений, полезных моделей, промышленных образцов, селекционных достижений, топологий интегральных микросхем, секретов производства (ноу-хау), в пределах срока действия исключительных прав на результаты интеллектуальной деятельности, но не более пяти лет;
- освобождение от уплаты налога на прибыль субъектов инновационного предпринимательства в виде сумм доходов от реализации товаров, работ, услуг, полученных ими от использования изобретений, полезных моделей, промышленных образцов, селекционных достижений, топологий интегральных микросхем, секретов производства (ноу-хау) в собственном производстве с даты начала их использования, в пределах срока действия исключительных прав на результаты интеллектуальной деятельности, но не более пяти лет;
- освобождение от уплаты налога на прибыль, получаемую вновь созданным предприятием, осуществляющим инновационную деятельность, в течение трёх лет при условии реинвестирования прибыли в укрепление собственной материально-технической базы.

Помимо введения льготного режима для стимулирования научной, научно-технической и инновационной деятельности целесообразно повысить качество налогового администрирования, например, путём внедрения современных информационных технологий, оперативно подтверждающих расходы и доходы инновационного характера.

Одним из эффективных средств повышения платёжеспособного спроса предприятий на реализацию инновационных проектов служат льготные банковские кредиты. В нашей стране банковская система пока не является действенным фактором кредитного стимулирования привлечения инвестиций в инновационную сферу. Отметим, что общий объём привлечённых кредитными организациями средств юридических и физических лиц на рублёвых и валютных счетах по состоянию на 1 октября 2022 г. составил 72541.9 млрд руб. [4, с. 196]. И это не считая собственных средств банков. С 19 сентября 2022 г. Центральным банком РФ установлена ключевая ставка в размере 7.5% годовых. В целях вовлечения банковской системы в инновационные процессы кредитование субъектов инновационной деятельности должно осуществляться на льготных условиях в зависимости от характера и масштабов инноваций с компенсацией кредитным организациям части недополученных ими доходов за счёт средств институтов инновационного развития, специализированных фондов поддержки инновационного бизнеса. При этом суммы отчислений в резерв на возможные потери по инновационным ссудам должны включаться в состав расходов банков. При решении вопросов государственной поддержки инновационных проектов необходимо исходить из того, что объёмы выделяемых кредитов, в том числе за счёт бюджетных средств, сроки возврата и размер процента за пользование ими должны соотноситься с научно-техническим уровнем разработок и уровнем риска. Кредиты за счёт бюджетных средств должны предоставляться специализированными банками, институтами инновационного развития, прежде всего для освоения радикальных инноваций высокого научно-технического уровня и уровня риска, устанавливая для них более низкую процентную ставку, например в размере до 5% действующей учётной ставки Центрального банка РФ. Для проектов, направленных на освоение улучшающих инноваций, ставка может быть установлена в размере до 20%. Разработка научно обоснованной кредитной политики позволит более эффективно воспользоваться привлечёнными и собственными ресурсами банковской системы, направить их на инновационное развитие экономики.

Одновременно с повышением финансирования науки и инноваций до уровня развитых стран целесообразно совершенствовать действующие механизмы программно-целевого управления научно-технологическим развитием. При разработке государственных программ в области науки и инноваций необходимо обеспечить их технологическую сопряжённость для реализации проектов полного инновационного цикла: научные исследования — разработки — освоение — производство

и потребление инновационной продукции [10]. В этой связи важно сформировать команды квалифицированных исполнителей в цепи: научные организации — конструкторские и технологические организации — опытные заводы (производства) — инновационные предприятия (производители инновационной продукции). Как показывает практика, многие инновационные проекты не реализуются вследствие ликвидации за последние десятилетия большинства конструкторских и технологических бюро, опытных заводов и производств, обеспечивавших материализацию научных знаний в конструкторской и технологической документации, изготовление опытных образцов и освоение новшеств в производстве.

В развитых странах рынок венчурных инвестиций играет ключевую роль в инновационной экономике, в то время как в России венчурное финансирование пока мало используется при реализации инновационных проектов. Для развития венчурного рынка распоряжением Правительства РФ от 7 июня 2006 г. № 838-р была создана АО «Российская венчурная компания». В настоящее время с её участием создано 25 венчурных фондов, совокупный объём их обязательств — более 30 млрд руб.⁵ Основным источником финансирования венчурных фондов в Российской Федерации служит федеральный бюджет, а в развитых странах — частный бизнес, различные фонды, в том числе пенсионные, а также физические лица. В целях активизации венчурного инновационного бизнеса целесообразно внести изменения в Налоговый кодекс РФ в части установления льгот по налогам на прибыль, добавленную стоимость для венчурных фондов и юридических лиц, а также подоходному налогу для физических лиц, вкладывающих капитал в венчурный бизнес. Посредством гибкой экономической политики государство должно сделать главными источниками формирования венчурных фондов не федеральный бюджет, а предприятия, внебюджетные фонды, страховые компании, коммерческие банки, другие юридические лица, а также физические лица, обладающие свободными средствами для инвестирования в инновационные проекты.

Важным элементом развития науки и инноваций должно стать государственно-частное партнёрство с целью реализации важнейших инновационных проектов государственного значения, а также проектов внедрения результатов интеллектуальной деятельности (РИД) по тематике, предложенной предпринимательским сектором экономики, которые осуществляются с привлечением средств заинтересованных предприятий. Поскольку основная часть РИД создаётся на счёт бюджетных средств, необходимо в рамках госу-

⁵ <https://rvc.ru/about/>

дарственно-частного партнёрства обеспечить их широкомасштабное внедрение в хозяйственную практику. Как свидетельствуют результаты проверок Роспатента и Счётной палаты РФ, значительная часть РИД, созданных за счёт федерального бюджета, не используется в хозяйственной практике. Одним из инструментов реализации таких проектов должно стать внесение прав на использование РИД, исключительные права на которые принадлежат Российской Федерации, в уставной капитал коммерческих предприятий, например хозяйственных обществ или хозяйственных партнёрств. Эффективность государственно-частного партнёрства в данном случае во многом будет зависеть от степени соответствия РИД, созданных за счёт бюджетных средств, потребностям рынка инновационной продукции. Очевидно, что в этом случае при разработке планов на проведение научных исследований и разработок организации государственного сектора науки должны будут в большей мере учитывать предложения предпринимательского сектора экономики, потребности рынка инновационной продукции.

С целью совершенствования механизма формирования и реализации государственной научно-технической политики целесообразно повысить роль Российской академии наук в проведении экспертизы научно-технических программ и проектов, нормативных правовых актов в сфере научной, научно-технической и инновационной деятельности, охраны объектов интеллектуальной собственности в соответствии со ст. 7 Федерального закона от 27 сентября 2013 г. № 253-ФЗ «О Российской академии наук, реорганизации государственных академий наук и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Активизация научной, научно-технической и инновационной деятельности приведёт к повышению конкурентоспособности выпускаемой инновационной продукции на мировом рынке, что неизбежно должно способствовать изменению структуры российского экспорта. В новых условиях экспорт научно-технологической и инновационной продукции, а не нефтегазовых ресурсов, станет основной статьёй доходов федерального бюджета.

В заключение следует отметить, что создание благоприятного делового, инвестиционного климата для субъектов научной, научно-технической и инновационной деятельности с помощью использования методов прямого бюджетного финансирования и методов косвенного государственного регулирования и стимулирования посредством гибкой налоговой и кредитной политики обеспечит условия для перехода экономики на траекторию инновационного развития. В свою очередь, это позволит создавать новые высокотехнологичные производства на прогрессивной технологической базе в соответствии с приоритетами социально-экономического, научного и научно-технологического развития, повысить конкурентоспособность страны на мировом рынке, уровень и качество жизни населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Global Innovation Index 2022. What is the future of innovation-driven growth? 15th Edition. WIPO. 2022 // https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/
2. Индикаторы науки. 2022. Статистический сборник. М.: НИУ ВШЭ, 2022.
3. Российский статистический ежегодник. 2021. Стат. сб. М.: Росстат, 2021.
4. Социально-экономическое положение России (январь–октябрь 2022 года). № 10. М.: Росстат, 2022.
5. Роспатент в цифрах. Отчёт о деятельности Роспатента за 2021 год. М.: Роспатент, 2022.
6. Тодосийчук А.В. Условия перехода научно-технической сферы на инновационный путь развития // Экономист. 2022. № 2. С. 81–88.
7. Индикаторы инновационной деятельности: 2022: статистический сборник. М.: НИУ ВШЭ, 2022.
8. Пантелеева И.А., Бывшев В.И., Парфентьева К.В. и др. Механизмы финансирования фундаментальных исследований на уровне региона: опыт Красноярского края // Управление наукой и наукометрия. 2021. № 3. С. 370–387.
9. Тодосийчук А.В. О совершенствовании механизма программно-целевого управления научно-технологическим развитием // Профессиональное образование. Столица. 2019. № 11. С. 2–8.
10. Черешнев В.А., Тодосийчук А.В. Наука в России: состояние, проблемы, перспективы развития // Вестник РАН. 2022. № 3. С. 201–212.

ОЦЕНКА ИНВЕСТИЦИЙ В АДАПТАЦИЮ ЭКОНОМИКИ К ПОСЛЕДСТВИЯМ ДЕГРАДАЦИИ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ В РОССИИ

© 2023 г. Б. Н. Порфирьев^{a,*}, Д. О. Елисеев^{a,**}, А. Ю. Колпаков^{a,***}

^aИнститут народнохозяйственного прогнозирования РАН, Москва, Россия

*E-mail: b_porfiriev@mail.ru

**E-mail: elisd@mail.ru

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

Поступила в редакцию 01.12.2022 г.

После доработки 19.12.2022 г.

Принята к публикации 11.01.2023 г.

Статья посвящена методологии оценки ожидаемого ущерба от деградации многолетнемёрзлых грунтов для основных фондов и его влиянию на экономику России. Представлен прогноз развития экономики нашей страны до 2050 г. с учётом последствий деградации многолетней мерзлоты, включая изменения основных макроэкономических показателей. Разработаны сценарии адаптации экономики к последствиям деградации с учётом вариативной стоимости адаптационных мероприятий. Показано что эффективными по критериям снижения риска и поддержания макроэкономической динамики в долгосрочной (2023–2050) перспективе служат инвестиции в адаптационные мероприятия в объёме порядка 5% стоимости ожидаемого накопленного ущерба.

Ключевые слова: макроэкономические показатели, прогноз, многолетнемёрзлые грунты, сценарии развития, инвестиции, риски, ущерб, деградация, адаптация.

DOI: 10.31857/S0869587323030106, **EDN:** SIOCMX

Интенсивность климатических изменений в Арктическом макрорегионе в 2–2.5 раза превышает среднемировые значения [1]. Их наиболее характерное проявление на Русском Севере – постепенная деградация многолетнемёрзлых грунтов (ММГ). Мониторинг состояния ММГ, результаты которого публикуются в ежегодных докладах Росгидромета о состоянии климата в Российской Федерации, свидетельствует о постепенном увеличении глубины протаивания ММГ

в большинстве регионов их распространения [2], что, в свою очередь, снижает их несущую способность, приводит к проседанию, деформации и разрушению построенных на них конструкций [3–6]. Значимость проблемы обусловлена тем, что многолетнемёрзлые грунты распространены в 28 регионах страны, составляющих 65% её территории, однако в наибольшей степени влияние этого фактора на хозяйственную деятельность проявляется в девяти из них: Республике Коми, Ненец-



ПОРФИРЬЕВ Борис Николаевич – академик РАН, научный руководитель ИНП РАН. ЕЛИСЕЕВ Дмитрий Олегович – кандидат экономического наук, ведущий научный сотрудник лаборатории прогнозирования микроэкономических процессов ИНП РАН. КОЛПАКОВ Андрей Юрьевич – кандидат экономических наук, заведующий лабораторией анализа и прогнозирования климатических рисков экономического развития ИНП РАН.

ком, Ямало-Ненецком, Ханты-Мансийском, Чукотском автономных округах, Красноярском крае, Республике Саха (Якутия), Магаданской области, Камчатском крае.

На протяжении многих лет специфика строительства в зоне ММГ предполагала, что фундаменты располагаемых на этих грунтах сооружений строятся с учётом стабильности грунта и определённых требований к заглублению свай (опор) [7, 8]. Однако изменения температурных режимов последних десятилетий показывают, что ранее апробированные строительные решения не соответствуют современным реалиям, существенно увеличивают риски. В настоящее время при строительстве на многолетней мерзлоте уже используются инженерные решения, позволяющие стабилизировать грунт [9–11], однако их повсеместное применение на существующих объектах – достаточно сложная задача. Проблема усугубляется тем, что должный учёт объектов, построенных на ММГ и, соответственно, комплексная оценка негативных последствий от протаивания и деградации мерзлоты до сих пор не проводилась, несмотря на то, что экономическое освоение Севера ведётся уже около века и за это время там было построено множество горнодобывающих, металлургических, энергетических предприятий, автомобильных и железных дорог, портов и аэропортов, крупных населённых пунктов (Норильск, Магадан, Якутск, Воркута и др.). В отдельных исследованиях давались примерные оценки, по сути прикидки, фактического ущерба, связанного с авариями из-за деградации ММГ, но они в большей степени носили частный характер [12–15].

Лишь в последние годы появились работы, в которых предприняты попытки поиска методологических подходов к экономической, а также системной оценке рисков и потенциального ущерба от деградации многолетнемёрзлых грунтов для расположенных на них хозяйственных объектов. Такая плодотворная попытка предпринята, например, в статье С.В. Бадиной, в которой изложена авторская методология оценки ожидаемого ущерба [16, 17]. В работах коллектива учёных во главе с академиками РАН В.П. Мельниковым и В.И. Осиповым дана оценка ожидаемого ущерба от деградации ММГ для муниципалитетов Арктической зоны РФ: по их мнению, он достигает 5–7 трлн руб. [18, 19]. За последние несколько лет авторы настоящей статьи также опубликовали ряд работ, в которых представлены методология, расчёты и оценка ожидаемого ущерба от деградации ММГ применительно к основным фондам (с детализацией по отраслевому и региональному признаку) [20] и отдельным отраслевым комплексам (транспортная инфраструктура, жилищный сектор, объекты здравоохранения, топливно-энергетический комплекс) [21, 22].

Несмотря на растущее число экономических исследований по рассматриваемой проблеме, с точки зрения которых рассчитываются масштабы ожидаемого ущерба, оценки влияния потенциально негативных событий на развитие отдельных секторов и экономики страны в целом пока отсутствуют. Дело в том, что имеющиеся оценки служат своего рода точкой отсчёта для определения затрат (в первую очередь финансовых, а также технологических, кадровых и управленческих ресурсов), которые требуются для снижения рисков деградации многолетней мерзлоты. С макроэкономической точки зрения такие затраты могут оказывать негативное влияние на состояние экономики из-за необходимости перераспределения ресурсов и, как следствие, роста цен, сокращения инвестиций в других регионах и секторах.

Нами предпринята попытка восполнить существующий пробел и оценить ожидаемый ущерб от деградации многолетнемёрзлых пород для основных фондов, располагающихся в регионах наибольшего распространения ММГ, её негативное влияние на макроэкономические показатели российского хозяйственного комплекса. Актуальность этой задачи обусловлена высокой экономической и социальной значимостью хозяйственных объектов, размещённых в российской Арктике, необходимостью их бесперебойного функционирования, которое призвано обеспечить устойчивую макроэкономическую динамику в долгосрочной перспективе.

Оценка макроэкономических последствий от деградации ММГ для основных фондов. Согласно данным Росстата, по состоянию на конец 2020 г. стоимость основных фондов Российской Федерации составила 362.2 трлн руб.¹ На долю упомянутых девяти регионов с наибольшей степенью влияния деградации ММГ на хозяйственную деятельность суммарно приходится 13.3% всей этой стоимости, или около 48 трлн руб. (табл. 1). Учитывая ярко выраженный ресурсно-добывающий характер экономики этих регионов, закономерно, что стоимость их основных фондов в добывающем секторе составляет почти 64% общероссийского показателя.

Методология оценки и прогноза влияния рисков деградации ММГ на макроэкономические параметры базируется на апробированных методах расчётов и моделях, сочетающих оценку ожидаемого ущерба хозяйственным объектам в долгосрочной перспективе и межотраслевую макроэкономическую модель прогнозирования экономического роста, разработанную в ИНП РАН [23]².

¹ См: <https://rosstat.gov.ru/folder/14304>

² Далее кратко воспроизводятся основные положения методологии оценки ожидаемого ущерба хозяйственным объектам от деградации ММГ, которая подробно изложена в статье [20].

Таблица 1. Полная учётная стоимость основных фондов в регионах России с наибольшей степенью влияния деградации ММГ на хозяйственную деятельность. 2020 г., млрд руб.

Разделы ОКВЭД*	Регионы (номера)**									Доля от РФ (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A	22	4	10	10	97	21	10	72	1	3.6
B	839	1001	7698	7604	1303	1306	156	44	83	64.0
C	357	0	175	1632	558	36	2	42	1	11.4
D	89	5	251	584	482	289	93	37	47	10.2
E	8	2	8	32	93	12	3	5	0	6.2
F	27	4	50	169	48	66	7	29	3	13.7
G	17	1	40	64	65	22	7	7	4	4.0
H	1791	38	4562	3482	753	1070	53	73	14	21.2
I	7	1	16	12	28	8	1	11	3	5.4
J	40	2	34	88	91	56	7	11	2	4.8
K	7	0	430	28	47	19	2	14	9	8.9
L	808	34	666	1359	2494	766	107	297	19	4.0
M	13	18	101	216	99	23	6	8	6	10.1
N	9	2	338	39	13	17	1	4	0	15.5
O	65	3	108	203	150	89	17	160	39	6.7
P	89	9	72	145	102	80	11	25	10	9.3
Q	27	4	39	113	101	49	12	16	6	7.1
R	12	3	34	69	63	27	3	7	2	8.7
S	13	0	35	6	3	1	0	0	0	14.4
ИТОГО	4240	1133	14667	15853	6591	3957	498	864	248	13.3

*Общероссийский классификатор видов экономической деятельности. А – сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство; В – добыча полезных ископаемых; С – обрабатывающие производства; D – обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха; E – водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений; F – строительство; G – торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов; H – транспортировка и хранение; I – деятельность гостиниц и предприятий общественного питания; J – деятельность в области информации и связи; K – деятельность финансовая и страховая; L – деятельность по операциям с недвижимым имуществом; M – деятельность профессиональная, научная и техническая; N – деятельность административная и сопутствующие дополнительные услуги; O – государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное обеспечение; P – образование; Q – деятельность в области здравоохранения и социальных услуг; R – деятельность в области культуры, спорта, организации досуга и развлечений; S – предоставление прочих видов услуг.

** Регионы: 1. Республика Коми. 2. Ненецкий АО. 3. Ямало-Ненецкий АО. 4. Ханты-Мансийский АО. 5. Красноярский край. 6. Республика Саха (Якутия). 7. Магаданская область. 8. Камчатский край. 9. Чукотский АО.

Источники: составлено авторами по данным Росстата

На первом этапе предусматривается оценка стоимости основных фондов на ММГ в региональном и отраслевом разрезе, исходя из определения стоимости недвижимой части этих фондов в составе общей стоимости основных фондов в соответствии с формулой 1 на основе данных таблицы 1:

$$FA_r^i = FA * k_i, \quad (1)$$

где FA_r^i – стоимость основных фондов, r – регион, i – вид экономической деятельности по Общероссийскому классификатору видов экономической деятельности (ОКВЭД); FA – стоимость основных фондов по ОКВЭД; k_i – доля каждого вида основных фондов (здания, сооружения, оборудование и т.п.).

Далее оценивается стоимость недвижимой части основных фондов по отраслям на муници-

пальном уровне для последующей географической локализации. В общем виде оценка представлена в формуле 2:

$$FA_m^i = FA_r^i * K_i, \quad (2)$$

где FA_m^i — стоимость основных фондов на муниципальном уровне, i — вид экономической деятельности по ОКВЭД; m — муниципальное образование; FA_r^i — стоимость основных фондов на региональном уровне, r — регион, K_i — отраслевой коэффициент перехода стоимости на муниципальный уровень, рассчитываемый в зависимости от конкретной отрасли (может быть соотношением численности населения, валовой выручки, площади жилья, протяжённости объектов и т.п.).

Оценка количества конкретных объектов, построенных на многолетнемёрзлых грунтах, проводится на основе классификации типологии ММГ, установленной Международной ассоциацией мерзлотоведения (по географии распространения — сплошные, прерывистые, массивно-островные и спорадические) [24, 25]. Принимается, что в зоне сплошных ММГ 90–95% объектов в зависимости от отрасли построены на ММГ; на прерывистых — 50–75%; на массивно-островных — 10–35% соответственно. Различия масштабов размещения обусловлены тем, что для некоторых отраслей географическая локализация инженерных конструкций безальтернативна (например, для месторождений полезных ископаемых).

На заключительном этапе проводится оценка суммарного ожидаемого ущерба от деградации ММГ для основных фондов за период до 2050 г. с учётом прогнозных параметров протаивания, которые основаны на климатических данных и апробированной геотехнической модели состояния грунтов [26].

Из-за отсутствия точных величин глубины и масштабов ежегодного протаивания ММГ (нельзя с уверенностью сказать, какая температура приземного воздуха будет в конкретной точке через год, два, три и, соответственно, предугадать, на какую глубину протает грунт) для целей экономического моделирования предлагается экстраполяция ретроспективных данных об интенсивности протаивания ММГ на долгосрочную перспективу с последующей оценкой предполагаемого ущерба. Используются текущие значения протаивания ММГ (по данным системы мониторинга CALM), на основе которых строится тренд, который затем экстраполируется в будущем прогнозном интервале 2020–2050 гг. Далее общая сумма ожидаемого ущерба за указанный период распределяется в соответствии с масштабами ежегодного протаивания ММГ по годам в региональном разрезе.

В общем виде формула оценки ожидаемого ущерба выглядит так:

$$DFA_r^i = (\varphi * FA_c^i + \% * FA_d^i + \% * FA_s^i) * k_{ih}^i, \quad (3)$$

где DFA_r^i — ожидаемый ущерб для основных фондов отрасли от протаивания ММГ; φ — доля основных фондов на разных типах ММГ (в %); FA_c^i — основные фонды, построенные на сплошных ММГ; FA_d^i — основные фонды, построенные на прерывистых ММГ; FA_s^i — основные фонды, построенные на массивно-островных ММГ; r — регион, i — вид экономической деятельности по ОКВЭД; k_{ih}^i — коэффициент риска от протаивания для различных типов основных фондов.

Оценка влияния ожидаемого ущерба основным фондам от деградации ММГ на макроэкономические параметры экономики. Для определения макроэкономических последствий от потери непрерывности функционирования основных фондов (деформации, разрушения или нарушения устойчивости) из-за деградации ММГ используется модельный комплекс, разработанный ИНП РАН и базирующийся на межотраслевой модели российской экономики [23]³. Предполагается, что ущерб основным фондам от таяния ММГ ведёт к пропорциональному снижению выпуска. При этом рассматриваются риски только для существующей инфраструктуры, а ожидаемые в перспективе предполагается компенсировать за счёт инвестиций в меры превентивной адаптации, направленные на снижение ожидаемого ущерба и потерь для выпуска товаров и услуг. Такие инвестиции, с одной стороны, обеспечивают позитивный вклад в ВВП через накопление основного капитала, но, с другой стороны, означают рост капиталоемкости и обуславливают повышение цен, которое снижает покупательную способность потребителей, а значит, и сам объём потребления.

При расчёте потерь выпуска предполагается, что фактические макроэкономические показатели России уже отражают текущий уровень ущерба от деградации ММГ (в терминах разницы между потенциальной стоимостью выпуска при отсутствии указанного ущерба и реальной (текущей) величиной выпуска). Поэтому в качестве определяющего параметра на прогнозируемый период используется показатель прироста ущерба:

$$ПВ_i^T = \frac{(Y_i^T - Y_i^0)}{O\Phi_i^0} * B_i^0, \quad (4)$$

³ Модельный комплекс ИНП РАН используется в институте для обоснования эффективных направлений национальной климатической политики [27].

где PB_i^T — потеря выпуска в отрасли i в год T ; Y_i^T и Y_i^0 — ущерб от деградации ММГ для основных фондов отрасли i в год T и базовый год (0), соответственно; $O\Phi_i^0$ — основные фонды в отрасли i в базовом году; B_i^0 — выпуск в отрасли i в базовом году.

Как уже отмечалось, с целью снижения ожидаемого (потенциального) ущерба применяются меры превентивной адаптации, капиталоемкость которых зависит от стоимости потенциального ущерба:

$$A_i^T = (Y_i^T - Y_i^0) * \alpha_i^T * k_i, \quad (5)$$

где A_i^T — инвестиции в адаптационные меры в отрасли i в году T ; α_i^T — степень покрытия (предотвращения, снижения) ущерба за счёт мер (в % — от 0 до 100); k_i — коэффициент, показывающий соотношение затрат на снижение (ликвидацию) ущерба и стоимости самого ущерба.

В рамках предлагаемой методологии приняты следующие ограничения и допущения, обусловленные неопределённостью соответствующей информации. Во-первых, в модели используется величина скорости климатических изменений, соответствующая современным климатическим прогнозам (по усреднённому сценарию), согласно которым максимальная интенсивность протавивания и деградации ММГ и наносимого ими экономического ущерба достигается после 2035—2040 гг. Однако в действительности процессам деградации ММГ присуща неравномерность, обусловленная колебаниями температуры приземного воздуха, режима осадков и иных метеорологических явлений в конкретный период. Во-вторых, специфика (детальность) статистического учёта основных фондов не даёт полноценной информации об их конкретной видовой структуре на территории распространения ММГ. Используемые методы оценки позволяют зачастую лишь предполагать, что определённые основные фонды расположены в конкретных ареалах ММГ, в реальности же могут возникать несоответствия и диспропорции. В-третьих, для целей макроэкономической оценки была выделена группа отраслей, в наибольшей степени влияющих на изменения макроэкономических показателей в стране, в контексте конкретных исследуемых регионов (то есть именно эти отрасли имеют значимое влияние на макропараметры). К ним были отнесены добывающие отрасли (добыча угля и торфа, нефти и газа, металлических руд), металлургическое производство, производство электроэнергии и тепла, строительство, транспорт, государственное управле-

ние⁴. В-четвёртых, как уже отмечалось выше, предполагается, что инвестиции в адаптацию (по первоначальной стоимости основных фондов) зависят от стоимости ожидаемого ущерба. При этом нами рассмотрены семь сценариев инвестиций в адаптационные меры.

Базовый (гипотетический) сценарий предполагает развитие экономики России без влияния фактора климатических изменений и их последствий для хозяйственных объектов, включая протаивание и деградацию ММГ и связанный с ними ущерб. Остальные шесть сценариев включают действие указанного фактора, при этом один из них (инерционный или пассивный) исходит из того, что адаптационные мероприятия отсутствуют (инвестиции равны нулю), возникающий от действия климатического фактора ущерб основным фондам не смягчается (не компенсируется), что приводит к максимальному (в данной ситуации) отрицательному эффекту на выпуск конечной продукции и другие макроэкономические параметры. Оставшиеся (без учёта инерционного) пять сценариев предполагают инвестиции в адаптацию и реализацию адаптационных мер, которые предотвращают или полностью покрывают возникающий ущерб от изменения климата, но при этом различаются по объёму инвестиций в адаптацию: объём варьируется от 5% стоимости ожидаемого ущерба до 25, 50, 75 и 100% соответственно (в зависимости от коэффициента k_i в формуле 5).

Результаты оценки влияния ущерба от деградации ММГ на динамику основных макроэкономических показателей. Согласно принятой методологии исследования, общая стоимость основных фондов, расположенных на ММГ, составляет в настоящее время 12.7 трлн руб. (для расчётов использованы формулы 1 и 2). Наиболее значительные потенциальные риски могут возникнуть в добывающих отраслях и на транспорте, на которые приходится около 80% стоимости указанных основных фондов. В региональном разрезе около 57% таких фондов приходится на Ямало-Ненецкий автономный округ (вся его территория — зона ММГ).

Совокупный накопленный потенциальный ущерб для всех основных фондов, расположенных на ММГ, до 2050 г. достигнет 4.5 трлн руб.

⁴ Особо следует выделить жилищный сектор. Стоимость его основных фондов составляет примерно половину общей стоимости основных фондов России, однако добавленная стоимость на единицу основных фондов в этом секторе в несколько раз ниже, чем в производственном секторе экономики. Жильё — социальная сфера, и затраты на снижение рисков деградации ММГ для жилых зданий следует учитывать как условные постоянные расходы, а не как инвестиции в адаптацию. Поэтому в рамках методологии, принятой в настоящем исследовании, жилищный сектор не учитывался.

Таблица 2. Прогнозные оценки влияния затрат на адаптационные меры на динамику макроэкономических показателей в России в 2023–2050 гг., трлн руб.

Макроэкономические показатели	Сценарии						
	Базовый сценарий (без ущерба)	Инерционный (без мер адаптации)	Инвестиционные (в зависимости от коэффициента k_i в формуле 5 — соотношение затрат на ликвидацию ущерба и размера ущерба)				
			5%	25%	50%	75%	100%
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Инвестиции в меры адаптации	0.00	0.00	0.05	0.26	0.51	0.77	1.03
Ущерб выпуску накопленный	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Выпуск	6947.23	6946.91	6947.77	6947.36	6947.14	6946.81	6946.47
Потребление домашних хозяйств	1834.91	1834.91	1834.84	1834.83	1834.67	1834.53	1834.42
Государственное потребление	662.42	662.41	662.50	662.44	662.37	662.32	662.25
Накопление основного капитала	1012.4	1012.39	1012.57	1012.47	1012.46	1012.42	1012.36
Экспорт	817.78	817.53	817.64	817.65	817.65	817.66	817.67
Импорт	–985.85	–985.85	–986.07	–985.89	–985.99	–985.96	3438.96
ВВП	3439.85	3439.56	3439.66	3439.68	3439.35	3439.14	

Источник: расчёты авторов.

(для расчётов использована формула 3). Для его снижения необходим комплекс адаптационных мер, которые требуют инвестиций. Чтобы оценить их влияние на основные макроэкономические параметры, используются перечисленные выше семь сценариев последствий изменений климата, обуславливающих разную динамику и масштабы ожидаемого ущерба от деградации ММГ.

Согласно базовому гипотетическому сценарию, влияние фактора климатических изменений и их последствий, включая протаивание и деградацию многолетней мерзлоты, на развитие экономики России отсутствует. В этом случае совокупный объём выпуска продукции за период 2023–2050 гг. составит 6947.2 трлн руб., совокупное потребление (домашние хозяйства, государственное потребление) — 2497.3 трлн руб., накопление основного капитала — 1012.4 трлн руб., экспорт — 817.8 трлн руб., импорт — 985.9 трлн руб., ВВП — 3439.9 трлн руб. (числа округлены до одной десятой; подробнее — в табл. 2).

В инерционном сценарии, учитывающем влияние последствий климатических изменений, включая деградацию многолетней мерзлоты, на экономику, но не предусматривающем инвестиции в адаптацию, за тот же период сокращение выпуска продукции (по отношению к базовому)

составит около 330.2 млрд руб., а ВВП снизится на 292.9 млрд руб.

Следующие пять сценариев условно именуются инвестиционными, в том числе два из них (№ 3 и 4 в табл. 2) предполагают объёмы инвестиций в адаптационные меры, эквивалентные, соответственно, 5% и 25% стоимости ожидаемого ущерба. При таком объёме инвестиций накопленный ущерб выпуску отсутствует, выпуск продукции увеличивается по отношению к базовому сценарию на 540 млрд и 130 млрд руб., а накопленный ВВП сокращается — на 190 млрд и 170 млрд руб. соответственно.

В сценариях № 5–7 (см. табл. 2), предусматривающих долю инвестиций в адаптационные мероприятия 50% и более от ожидаемого ущерба, сокращаются и выпуск продукции, и ВВП в сравнении с базовым сценарием. Это связано с тем, что в указанных сценариях инвестиции в адаптацию рассматриваются как дополнительные расходы (то есть значительное бремя) вне рамок обычного экономического цикла. Увеличение таких расходов ведёт к росту цен, сокращению потребления продукции и как следствие сокращению выпуска и ВВП. Так, при инвестициях в объёме, равном 50% от ожидаемого ущерба, выпуск товаров сократится на 90 млрд, а ВВП на 500 млрд руб. (сценарий № 5). При инвестициях в

адаптационные меры в объемах, составляющих, соответственно, 75% и 100% стоимости ожидаемого ущерба, выпуск продукции и накопленный ВВП ощутимо сокращаются не только в сопоставлении с базовым, но и с инерционным сценарием (в которых адаптационные мероприятия отсутствуют, инвестиции в них равны нулю). По отношению к базовому варианту снижение выпуска в период 2023–2050 гг. в сценариях № 6 и 7 составит 420 млрд и 760 млрд руб., в сравнении с инерционным сценарием — 100 млрд и 440 млрд руб. соответственно. За тот же период накопленный ВВП снизится на 710 млрд и 890 млрд руб. в сравнении с базовым сценарием и на 420 млрд и 600 млрд руб. в сравнении с инерционным сценарием. При этом следует отметить, что позитивный эффект от адаптационных мероприятий для выпуска сохраняется вплоть до увеличения коэффициента k_i до 50%, для ВВП — до 25% (см. табл. 2).

Таким образом, из рассмотренных сценариев инвестирования в адаптационные меры, обеспечивающие предотвращение и/или ликвидацию ожидаемого кумулятивного ущерба от деградации многолетней мерзлоты и одновременно поддержание динамики экономического роста в долгосрочной перспективе, оптимальным представляется сценарий № 3, предусматривающий адаптационное инвестирование в объеме 5% стоимости ожидаемого ущерба. Его реализация позволит избежать накопления ущерба, обеспечить максимальный (в сравнении со сценариями № 1 и 2) рост выпуска продукции, а также максимальные показатели динамики накопленного ВВП. Каждый рубль инвестиций в сценарии № 3 обеспечивает увеличение выпуска продукции за рассматриваемый период на 11 руб. и 17 руб. в сравнении со сценариями № 1 и 2, а также накопленного ВВП на 2 руб. (в сравнении со сценарием № 2). Очевидно, что по этим показателям эффективность инвестиционного сценария № 3 намного превосходит сценарий № 4.

Полученный результат, как представляется, хорошо соотносится с результатами недавнего исследования Всемирного банка, посвященного оценке ущерба объектам критической инфраструктуры развивающихся стран от нарушения устойчивого функционирования из-за опасных последствий глобальных климатических изменений, а также экономическим выгодам от инвестиций в повышение устойчивости указанных объектов [28]. Согласно этим оценкам, стоимость дополнительных инвестиций на эти цели составляет лишь 3% общей потребности в капиталовложениях в инфраструктуру. При этом каждый доллар таких инвестиций обеспечивает четыре доллара чистых выгод (в виде предотвращенного ущерба), то есть эффективность вложений высока.

Обусловленные глобальным потеплением ускоренное протаивание и деградация многолетней мерзлоты, а также связанные с ними риски для основных фондов — один из наиболее значимых вызовов устойчивому развитию экономики России, прежде всего её северных регионов. Большинство экономических исследований этого феномена фокусируются в основном на оценке масштабов ожидаемого ущерба с учётом значительной неопределённости последствий. Имеются оценки экономического ущерба отдельным секторам экономики в регионах распространения многолетнемерзлых грунтов, оценки последствий конкретных чрезвычайных ситуаций, обусловленных деградацией ММГ (Норильская авария). В то же время анализ и оценка влияния последствий деградации многолетней мерзлоты, а также необходимых затрат на адаптационные мероприятия, снижающие риски для экономики страны, пока отсутствуют.

Такие затраты связаны, с одной стороны, с ощутимыми издержками из-за использования дополнительных материальных, финансовых и кадровых ресурсов, что, в случае их непроизводительного применения, может приводить к росту цен, дополнительной нагрузке на экономику и торможению экономического роста. С другой стороны, вложения необходимы, чтобы снизить риск нарушения устойчивости функционирования основных фондов, в том числе в критически важных секторах (прежде всего инфраструктуры). В случае инвестиционной направленности затрат на адаптационные меры они могут стать производительными, повлечь за собой создание новых рабочих мест, стимулировать спрос на продукцию и услуги, лишь незначительная часть которых узко специализирована, предназначена только для предотвращения ущерба от бедствий. Отсюда следует важный вопрос об экономической обоснованности (результативности и эффективности) адаптационных мер и инвестиций в них.

В настоящем исследовании на модельном уровне рассмотрены эффекты инвестирования в меры приспособления экономики к последствиям деградации ММГ при различных сценариях на период 2023–2050 гг. Полученные оценки показывают, что в масштабе всей экономики эффективны адаптационные инвестиции, объём которых составляет порядка 5% стоимости ожидаемого накопленного ущерба, обусловленного деградацией многолетней мерзлоты и последующими деформацией и/или разрушением основных фондов. В этом случае эффективность вложений по критерию роста валового выпуска продукции достигает 17 : 1 и 11 : 1 в сравнении с базовым и инерционным сценариями, при которых инвестиции в

адаптацию равны нулю, и 2 : 1 — по критерию роста накопленного ВВП при инерционном сценарии.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено при поддержке гранта № 22-28-01075 Российского научного фонда. <https://rscf.ru/project/22-28-01075/>

ЛИТЕРАТУРА

1. *Constable A.J., Harper S., Dawson J. et al.* 2022: Cross-Chapter Paper 6: Polar Regions // *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* / Н.-О. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. P. 2319–2368. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.023>
2. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. М.: Росгидромет, 2021. https://www.meteorf.ru/upload/pdf_download/doklad_klimat2020.pdf
3. *Kotov P.I., Khilimonyuk V.Z.* Building Stability on Permafrost in Vorkuta, Russia // *Geography, Environment, Sustainability*. 2021. V. 14. № 4. P. 67–74. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2021-043>
4. *Анисимов О.А., Стрелецкий Д.А.* Геокриологические риски при таянии многолетнемёрзлых грунтов // *Арктика XXI век. Естественные науки*. 2015. № 2 (3). С. 60–74.
5. *Васильев А.А., Гравис А.Г., Губарьков А.А. и др.* Деградации мерзлоты: результаты многолетнего геокриологического мониторинга в западном секторе Российской Арктики // *Криосфера Земли*. 2020. № 2. С. 15–30.
6. *Grebenets V.I., Tolmanov V.A., Streletskiy D.A.* 2021. Active Layer Dynamics Near Norilsk, Taimyr Peninsula, Russia // *Geography, Environment, Sustainability*. 2021. № 4. P. 55–66. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2021-073>
7. Строительные нормы и правила. Сметные нормы и правила. СНиП IV-5-82. Приложение. Сборники единых районных единичных расценок на строительные конструкции и работы. Сборник 49. Скважины на нефть и газ. М.: Недра, 1985.
8. Строительные нормы и правила. СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений (с изм. и доп.). М.: ФГУП ЦПП, 2006; Строительные нормы и правила. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты. М.: ФГУП ЦПП, 2006.
9. Строительные нормы и правила. СНиП 2.02.04-88. Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах. М.: ФГУП ЦПП, 2005.
10. *Хрусталёв Л.Н., Хилимонюк В.З.* Новый фундамент для зданий в Арктике // *Криосфера Земли*. 2018. № 4. С. 25–30.
11. *Гласко А.В., Калмыков А.М., Мещерин И.В. и др.* Замораживание грунтов оснований геотехнических объектов в криолитозоне с помощью вертикальных термостабилизаторов // *Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия “Естественные науки”*. 2012. № 7 (7). С. 102–111.
12. *Ашпиз Е.С., Хрусталёв Л.Н.* Предотвращение деградации многолетнемёрзлых грунтов в основании насыпей железных дорог // *Криосфера Земли*. 2020. № 5. С. 45–50.
13. *Hjort J., Karjalainen O., Aalto J. et al.* Degrading permafrost puts Arctic infrastructure at risk by mid-century // *Nat. Commun.* 2018. № 9. Article number 5147. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07557-4>
14. Основные природные и социально-экономические последствия изменения климата в районах распространения многолетнемёрзлых пород: прогноз на основе синтеза наблюдений и моделирования: Оценочный отчёт / Под ред. О.А. Анисимова. М.: Greenpeace, 2009.
15. *Чеснокова И.В.* Оценка ущерба от криогенных процессов и проблема страхования их последствий для территории РФ // Десятая Международная конференция по мерзлотоведению (ТМСОР): Ресурсы и риски регионов с вечной мерзлотой в меняющемся мире. Том 5: Расширенные тезисы на русском языке. Тюмень: Печатник, 2012.
16. *Badina S.V.* Estimation of the value of buildings and structures in the context of permafrost degradation: the case of the Russian Arctic // *Polar Science*. 2021. V. 29 (4). P. 100730.
17. *Badina S.V.* Prediction of socioeconomic risks in the cryolithic zone of the Russian Arctic in the context of upcoming climate changes // *Studies on Russian Economic Development*. 2020. № 4. P. 396–403.
18. *Мельников В.П., Осипов В.И., Брушков А.В. и др.* Оценка ущерба жилым и промышленным зданиям и сооружениям при изменении температур и оттаивании многолетнемёрзлых грунтов в Арктической зоне Российской Федерации к середине XXI века // *Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология*. 2021. № 1. С. 14–31.
19. *Мельников В.П., Осипов В.И., Брушков А.В. и др.* Снижение устойчивости инфраструктуры ТЭК России в Арктике как следствие повышения среднегодовой температуры приповерхностного слоя криолитозоны // *Вестник РАН*. 2022. № 4. С. 303–314; *Mel'nikov V.P., Osipov V.I., Brushkov A.V. et al.* Decreased Stability of the Infrastructure of Russia's Fuel and Energy Complex in the Arctic Because of the Increased Annual Average Temperature of the Surface Layer of the Cryolithozone // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2022. № 2. P. 115–125.
20. *Porfiriev B.N., Eliseev D.O.* An Integrated Approach to the Economic Assessment of the Permafrost Degradation effects on resilience of fixed assets in the Russian Arctic // *Studies on Russian Economic Development*, 2023. V. 34. № 2. P. 176–184.
21. *Порфирьев Б.Н., Елисеев Д.О., Стрелецкий Д.А.* Экономическая оценка последствий деградации многолетней мерзлоты для объектов системы здравоохранения российской Арктики // *Вестник РАН*. 2021. № 12. С. 1125–1136; *Porfiriev B.N., Eliseev D.O., Streletskiy D.A.* Economic assessment of permafrost degradation effects on healthcare facilities in

- the Russian Arctic // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2021. № 6. P. 677–686.
22. Порфирьев Б.Н., Елисеев Д.О., Стрелецкий Д.А. Экономическая оценка последствий деградации вечной мерзлоты для жилищного сектора российской Арктики // Вестник РАН. 2021. № 2. С. 105–114; Porfiriev B.N., Eliseev D.O., Streletskiy D.A. Economic assessment of permafrost degradation effects on the housing sector in the Russian Arctic // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2021. № 1. P. 17–25.
 23. Порфирьев Б.Н., Елисеев Д.О., Широков А.А., Янговский А.А. Межотраслевая макроэкономическая модель как ядро комплексных прогнозных расчётов // Проблемы прогнозирования. 2014. № 3 (144). С. 18–31.
 24. Brown J., Ferrians O., Heginbottom J.A., Melnikov V. 2002. Circum-Arctic Map of Permafrost and Ground-Ice Conditions, Version 2. [Indicate subset used]. Boulder, Colorado USA. NASA National Snow and Ice Data Center Distributed Active Archive Center. <https://doi.org/10.7265/skbg-kf16> // <https://nsidc.org/sites/default/files/ggd318-v002-userguide.pdf>
 25. Zotova L.I. Landscape Indication Of Permafrost Conditions For Geoecological Assessment & Mapping At Various Scales // Geography, Environment, Sustainability. 2021. V. 14. № 4. P. 33–40. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2021-039>
 26. Streletskiy D.A., Suter L., Shiklomanov N.I. et al. Assessment of climate change impacts on buildings, structures and infrastructure in the Russian regions on permafrost // Environmental Research Letters. 2019. V. 14. Article number 025003. P. 1–15.
 27. 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. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2022-1-72-89>
 28. Hallegatte S., Rentschler J., Rozenberg J. Lifelines: The Resilient Infrastructure Opportunity. Overview booklet. Washington: World Bank, 2019.

ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ СДВИГИ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ПРИРОДУ В ПОСТСОВЕТСКОЙ РОССИИ

© 2023 г. Н. Н. Ключев^{а,*}

^аИнститут географии РАН, Москва, Россия

*E-mail: klyuev@igras.ru

Поступила в редакцию 30.01.2023 г.

После доработки 05.02.2023 г.

Принята к публикации 16.02.2023 г.

Динамика производства и населения в регионах России за 1990–2020 гг. рассматривается автором статьи как косвенный индикатор изменений суммарной антропогенной нагрузки на природу. Показано, что нагрузка увеличивается прежде всего на хорошо освоенной территории, а снижается на обширной малоосвоенной. Новый экологически неблагоприятный тренд в динамике нагрузок на окружающую среду — их относительный сдвиг в приморские регионы, на уязвимые к воздействиям и 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 уязвимые ландшафты Восточной Сибири, Дальнего Востока, Европейского Севера и шельфовых зон. Большинство основных добывающих регионов в XXI в. увеличили добычу минеральных ресурсов, причём в половине из них — более чем в 1.5 раза, а в четверти — вдвое. Показано, что ухудшение экологической обстановки в регионах сильного роста антропогенной нагрузки более вероятно, чем её улучшение в регионах-лидерах по снижению негативного воздействия.

Ключевые слова: антропогенная нагрузка, промышленность, сельское хозяйство, население, добыча минеральных ресурсов, российские регионы, постсоветская динамика.

DOI: 10.31857/S0869587323030052, **EDN:** QEILLC

Тридцатилетие начавшихся в 1992 г. рыночных реформ актуализирует задачу подведения их итогов, включая оценку экологических последствий кардинальных преобразований российского общества. В настоящей статье предпринята попытка выявить сдвиги в территориальном распределении антропогенных нагрузок на природу, произошедшие в постсоветский период. Такой

анализ имеет не только научное, познавательное, но и определённое прикладное значение — для разработки регионально дифференцированной экологической политики.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕГИОНАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ ПРОИЗВОДСТВА И НАСЕЛЕНИЯ В ПОСТСОВЕТСКИЙ ПЕРИОД

Одна из важных и трудных геоэкологических задач — поиск показателей, характеризующих интегральную антропогенную нагрузку на природу. Её решение связано с необходимостью приведения к общему знаменателю практически необозримого множества очень разнообразных, качественно неоднородных, зачастую несопоставимых видов антропогенных воздействий (выбросы в атмосферу, сбросы сточных вод, вырубка лесов, распашка, внесение пестицидов, водопотребление, изъятие из недр минерального сырья и т.д.). Ряд авторов разрабатывает интегральные индек-



КЛЮЕВ Николай Николаевич — доктор географических наук, ведущий научный сотрудник ИГ РАН.

сы воздействий, суммируя широкий спектр отдельных их видов (например, [1]). Такой подход плодотворен, особенно с целью выявления своеобразия региональной структуры антропогенных воздействий. Однако здесь неизбежен элемент субъективности при выборе количества и состава воздействующих факторов, а также оценки их природоразрушающего потенциала. Кроме того, интегральные индексы воздействий рассчитываются на базе экологической статистики, которая пока ещё недостаточно подробна и качественна.

По оценкам В.И. Данилова-Данильяна, данные государственных докладов о состоянии окружающей среды расходятся с реальностью до 10 раз¹. Согласно расчётам Российского союза промышленников и предпринимателей, реальные выбросы предприятий превышают отчётные в 3–4 раза². В то же время качество статистики окружающей среды в постсоветский период ухудшилось. Количество предприятий, охваченных статистическим наблюдением, сокращается в связи с их реорганизацией, слияниями, поглощениями и банкротствами. Лишь за 2005–2018 гг. число водопользователей, предоставляющих статистические отчёты по форме № 2-тп (водхоз), уменьшилось примерно на 40% [2]. За 1991–2016 гг. количество станций наблюдения за качеством воздуха сократилось с 821 до 678, а наблюдаемые города — с 337 до 243. Изменяются и методики учёта сбросов, выбросов, твёрдых отходов, что затрудняет сопоставление данных.

На долю не охваченных статистическим учётом неорганизованных источников выбросов в атмосферу (карьеры, отвалы, свалки, мусорные полигоны, стройки, открытые склады, асфальтовые покрытия, печное отопление) приходится более половины всех реальных выбросов. С диффузным загрязнением, которое никак не фиксируется, связано до 60% и более поступления загрязняющих веществ в водные объекты [3].

В связи с неполнотой данных официальной статистики по окружающей среде, а также с учётом необходимости высокой степени обобщения актуален поиск наиболее репрезентативных параметров-индикаторов, имеющих интегративное значение. Так, в качестве интегральных косвенных показателей антропогенной нагрузки на ландшафты используются плотность населения [4], энергопотребление на единицу территории: производственное [5] и физиологическое (энергия, затрачиваемая на питание человека) [6].

На наш взгляд, изменения суммарной антропогенной нагрузки отражает (правда, в грубом приближении) сопряжённая динамика промышленности, сельского хозяйства и населения. Про-

мышленность и сельское хозяйство, наряду с транспортом, — главные хозяйственные отрасли, трансформирующие природу (включить в анализ транспорт не позволяет отсутствие соответствующей статистики в региональном разрезе). Высокую нагрузку на природу создаёт и население, в том числе и так называемого постиндустриального общества. На первый взгляд кажется, что от постиндустриального города — города офисов, лабораторий и торговых центров — экологический вред невелик. Но человеку нужны большая квартира, которая требует отопления, кондиционирования, водоснабжения и канализации, много бытовой техники, автомобиль и, соответственно, много энергии. Это обуславливает образование больших объёмов отходов, концентрирующихся в компактных ареалах крупных агломераций. Жизнеобеспечение человека, особенно жителя крупного города современной России, связано с серьёзными экологическими издержками. Так, в Москве и Санкт-Петербурге львиную долю выбросов в атмосферу составляет личный автотранспорт, а загрязнённых сточных вод — жилищно-коммунальное хозяйство [7, с. 197]. Это экологический след населения, а не производства.

Конечно, динамика производства и населения не коррелирует напрямую с динамикой антропогенных воздействий, поскольку меняются структура хозяйства, технологии и техника, потребление, а значит, их экологические характеристики. Но региональная социально-экономическая динамика может служить одним из обобщающих индикаторов изменений антропогенной нагрузки и использоваться для оценки этих изменений в самом общем виде. В прежних наших работах подобный анализ проводился для периода на рубеже XX–XXI вв. [8]. Потребовалось распространить его на всё постсоветское время — российская хозяйственная жизнь и её территориальные проявления очень изменчивы. В частности, почти повсеместный спад сельскохозяйственной деятельности сменился её ренессансом в ряде регионов страны, значительные колебания объёмов производства испытали нефте- и угледобывающие регионы, возникли новые районы разработки минеральных ресурсов.

Наше исследование базируется на материалах официальной социально-экономической статистики Росстата [9–12] и охватывает все российские регионы за исключением Республики Крым и Севастополя, а также в отдельных случаях Чеченской Республики и Республики Ингушетия (в силу отсутствия данных).

Поскольку объёмы выпуска промышленной и сельскохозяйственной продукции, исчисляемые в стоимостных показателях, и численность населения лишь косвенно отражают величину антропо-

¹ Коммерсантъ. Регенерация. 30 сентября 2021 г.

² Коммерсантъ. 21 января 2013 г.

Таблица 1. Вариабельность индексов промышленности, сельского хозяйства и численности населения по регионам России за 1990–2020 гг., %, 1990 г. принят за 100%

Показатель вариации	Индекс		
	промышленного производства (Россия – 97.7%)	производства продукции сельского хозяйства (Россия – 115.4%)	численности населения (Россия – 97.4%)
Максимум (регион)	409.7 (Ненецкий АО)	333.5 (Белгородская обл.)	172.0 (Дагестан)
Минимум (регион)	25.3 (Калмыкия)	7.1 (Чукотский АО)	30.6 (Чукотский АО)
Размах вариации	384.4	326.4	141.4
Максимум/минимум	16.2	47.2	5.6
Коэффициент вариации	56.9	55.2	22.1

Составлено по данным Росстата.

Примечание. Индекс численности населения России рассчитан без учёта данных по Республике Крым и Севастополю. В расчётах индексов промышленности, сельского хозяйства и всех показателей вариации не учитывались данные по Чеченской Республике и Республике Ингушетия, а также по четырём субъектам, вошедшим в состав страны в 2022 г.

погенной нагрузки, для геоэкологического анализа целесообразно рассматривать только наиболее существенные изменения производства и населения в регионах. Критерием значимости этих изменений служили отклонения региональных показателей от среднероссийских значений, учитывая их различную вариабельность (табл. 1). Коэффициенты вариации региональных промышленных и сельскохозяйственных индексов сопоставимы, а динамика более инертной численности населения существенно ниже, хотя отношение максимума её индекса к минимуму (5.6 – Дагестан против Чукотского АО) свидетельствует о сильных межрегиональных контрастах и в динамике населения.

Исходя из анализа рядов распределения регионов по динамике социально-экономических показателей за 1990–2020 гг., за среднероссийский уровень (У) их изменений условно принимается:

- $80\% < У < 130\%$ – для динамики промышленности и сельского хозяйства;
- $90\% < У < 110\%$ – для динамики численности населения.

Население (а следовательно, и демографическое давление на природу) выросло более чем на 10% в 13 регионах (регионы Северного Кавказа, Москва, Московская, Ленинградская, Белгородская области и др.) и более чем на 10% сократилось в 46 регионах. Обширный, почти сплошной ареал демографической депрессии локализуется в Европейской России севернее линии Курск–Саратов и на всём Дальнем Востоке.

Промышленность выросла более чем на 30% в 39 регионах, а в шести из них более чем втрое превысила советский уровень (Ненецкий АО, Астраханская, Ростовская, Белгородская, Калужская и Сахалинская области). Сокращение выпуска

промышленной продукции на 20% и более фиксируется в 16 регионах, причём в Калмыкии, Еврейской АО, Курганской области и Забайкальском крае современная промышленность составляет менее 50% советской.

Существенное увеличение продукции аграрной сферы (более чем на 30%) по сравнению с советским периодом наблюдается в 20 регионах (прежде всего в Центральном Черноземье и на Северном Кавказе). Это происходит на фоне сильного её сокращения в Европейском Нечерноземье и на Дальнем Востоке. Подчёркнём, что как сильный рост, так и существенный спад сельскохозяйственного производства влекут за собой серьёзные агроэкологические проблемы. В чернозёмных районах ужесточается эксплуатация почвенных ресурсов, что угрожает их ускоренной деградацией: уменьшением содержания гумуса, “проеданием” почвенного плодородия.

В Нечерноземье же пахотные земли выводятся из хозяйственного оборота, происходит ренатурализация, одичание агроландшафтов. Но, как это ни парадоксально на первый взгляд, приближение почв к первозданному, природно-зональному типу в климатических условиях лесной полосы также ведёт к их деградации (с аграрных позиций). Ведь естественные зональные почвы здесь малопродуктивные, их плодородие “сделано” человеком, это результат искусственного опечения. Мы привыкли думать, что ухудшение свойств ландшафтов, проблемы природопользования возникают вследствие хозяйственной деятельности. Поэтому порой удивляемся, что это может происходить и в результате бездействия. В лесной зоне дичающие ландшафты подвергаются вторичному заболачиванию, зарастают труднопроходимой растительностью, активно

Таблица 2. Группировка регионов России по динамике промышленности, сельского хозяйства и населения в 1990–2020 гг., 1990 г. принят за 100%

Группа	Подгруппа	Индекс, %			Число регионов	Доля в территории РФ, %	Доля в населении РФ, %
		промышленности	сельского хозяйства	населения			
1	1а	>130	>130	>110	3	0.5	3.8
	1б	>130	>130	90–110	5	1.8	7.7
	1в	>130	80–130	>110	6	2.9	9
	1г	80–130	>130	>110	1	3.1	1.2
2	—	>130	>130	<90	11	2.5	8.8
3	—	>130	<80	>110	1	0.3	5.3
4	4а	>130	<80	<90	7	28	3.9
	4б	>130	<80	90–110	2	2.4	1
5	5а	<80	<80	<90	8	9.5	4.1
	5б	<80	<80	90–110	1	1	0.2
	5в	<80	80–130	<90	7	10.9	6.5
6	Прочие варианты				29	37.1	48.5

Примечание. Среднероссийские параметры показаны обычным шрифтом; жирным — превышающие среднероссийские; серым цветом — ниже среднероссийских. В таблице не учитывались данные по Республике Крым и Севастополю, Чеченской Республике и Республике Ингушетия, а также по четырём субъектам, вошедшим в состав страны в 2022 г.

идут процессы оподзолевания, осолодевания, элювиально-глеевые. Не только, скажем, агро-дерново-подзолистые, но и более плодородные агросерые почвы после забрасывания деградируют по гумидному типу. Повторное же вовлечение в оборот заброшенной пашни потребует затрат, сопоставимых с расходами на первоначальное освоение территории.

Однако выводимые из пашенного оборота земли могут и должны играть другую социально-экономическую роль: в качестве естественных кормовых угодий (сенокосы, пастбища), рекреационных, охраняемых территорий, что требует соответствующего землеустройства на основе ландшафтного планирования. В то же время стихийно дичающие ландшафты выполняют важные экологические функции: водо- и климаторегулирующую, почвозащитную и поддержания биоразнообразия. Для повышения эффективности функционирования ландшафтов также необходима помощь человека. Нужно стимулировать восстановительные процессы на заброшенной пашне, в частности, вносить семенной материал из природных экосистем, в противном случае сукцессия надолго задерживается на сорно-бурьянистой стадии.

Расчёт социально-экономических индексов позволяет сгруппировать регионы по их постсо-

ветской динамике, при этом в первую очередь учитываются экстремальные (наибольшие и наименьшие) значения региональных индексов, намного отличающиеся от среднероссийских (табл. 2, рис. 1). Особый интерес представляют регионы, где произошли крупные изменения по меньшей мере двух видов нагрузок из трёх рассматриваемых: промышленной, сельскохозяйственной и демографической.

Группа 1. Рост социально-экономических показателей, трактуемый как позитивное с экономических позиций изменение, с экологической точки зрения означает увеличение давления на природу. Существенное увеличение промышленной, аграрной и демографической нагрузки (подгруппа 1а) наблюдается лишь в Белгородской области, Дагестане и Кабардино-Балкарии. Рост материального производства при среднероссийской динамике населения (подгруппа 1б) отмечается в Татарстане, Башкортостане, Воронежской и Астраханской областях. В Ленинградской, Калининградской, Тюменской (без округов) областях, Ставропольском и Краснодарском краях и Республике Алтай (подгруппа 1в) среднероссийская аграрная динамика сопровождается значительным ростом населения и промышленности. В Ханты-Мансийском АО (ХМАО) существенный прирост населения и сельского хозяйства на-

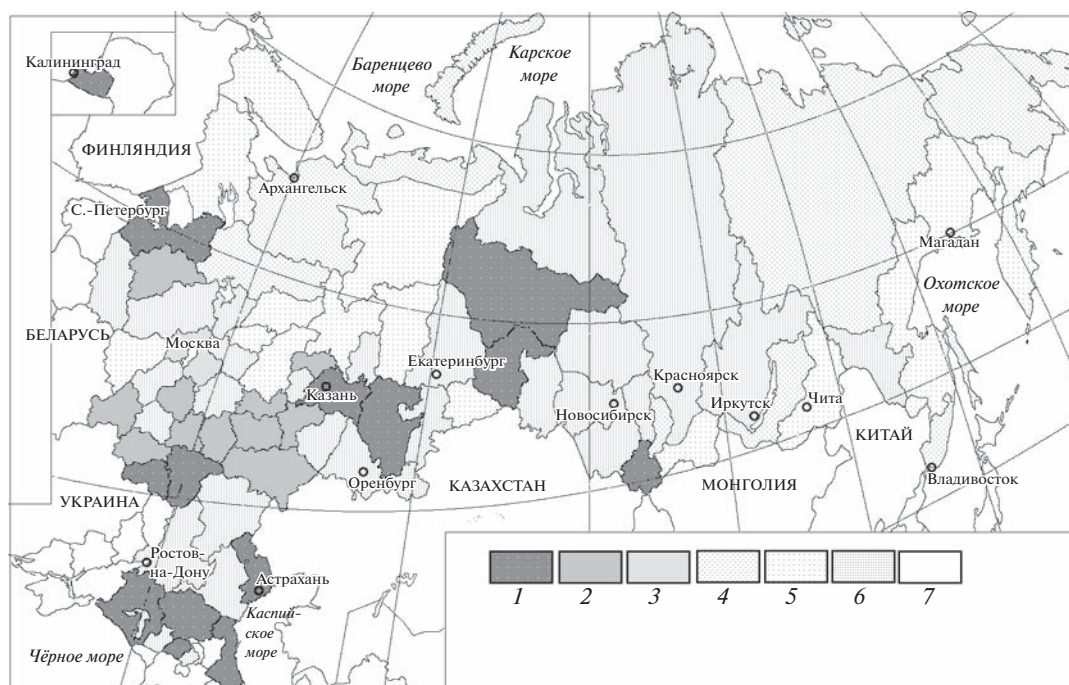


Рис. 1. Группы российских регионов по типу совокупной динамики промышленности, сельского хозяйства и населения в 1990–2020 гг.

1–6 – см. текст и таблицу 2; 7 – нет данных

блюдается на фоне среднероссийской промышленной динамики (подгруппа 1г).

Группа 2. Увеличение материального производства при сильном сокращении населения фиксируется в 11 регионах, в том числе в Тамбовской, Курской и Пензенской областях. Регионы данной группы образуют компактный ареал в Центральном Черноземье и на прилегающих территориях.

Группа 3. В Московской области значительный рост промышленности и населения произошёл на фоне сельскохозяйственного спада.

Группа 4. Промышленный рост при сокращении сельскохозяйственной деятельности и численности населения (подгруппа 4а; в Бурятии и Хакасии среднероссийская динамика населения – подгруппа 4б) наблюдается в основном в ресурсных регионах с малоблагоприятными агроклиматическими условиями.

Группа 5. В восьми регионах (в том числе Ивановская, Костромская, Курганская области, Забайкальский край) зафиксировано заметное сокращение всех трёх видов нагрузок: промышленной, аграрной и демографической (подгруппа 5а). В Тыве спад промышленности и сельского хозяйства сопровождается среднероссийской динамикой населения (подгруппа 5б). Подгруппа 5в характеризуется убылью населения и выпуска продукции промышленности при среднероссийской

аграрной динамике (Нижегородская и Смоленская области, Пермский край и др.).

Как видим, наиболее заметное сокращение антропогенной нагрузки (см. рис. 1, светлые тона – группы 4, 5) фиксируется на Дальнем Востоке, в ряде южно-сибирских регионов, на Европейском Севере, включая ближний Север. А значительный прирост нагрузок (см. рис. 1, тёмные тона – группы 1–3) характерен для регионов Северного Кавказа, российской Прибалтики, субширотного ареала, протянувшегося от Брянской области до Башкортостана, а также Тюменской области. Усиление нагрузки произошло прежде всего в пределах степной и лесостепной зон, в наибольшей степени трансформированных антропогенной деятельностью. А на Северном Кавказе усиливающаяся нагрузка обостряет дефицит местных водных ресурсов и проблему их качества.

В 26 регионах, занимающих 11.2% территории страны, где проживает 35.6% её населения, наблюдается существенный рост антропогенной нагрузки, сокращение отмечается в 25 регионах (51.7% территории и 15.7% населения). Давление на природу увеличивается в первую очередь на высокоосвоенной территории страны, а уменьшается – на обширной малоосвоенной, где сосредоточены основные российские территориальные, водные, лесные и минеральные ресурсы.

Анализ социально-экономических индексов показывает прирост или спад производственной

Таблица 3. Регионы, максимально увеличившие и сократившие объёмы промышленного производства в 1990–2020 гг., % от объёма промышленного производства РСФСР в 1990 г.

Регионы, максимально увеличившие объёмы производства	Увеличение, %	Регионы, максимально сократившие объёмы производства	Сокращение, %
Московская область	6.65	Нижегородская область	–0.22
Ростовская область	6.20	Санкт-Петербург	–0.24
Белгородская область	2.09	Курганская область	–0.25
Ленинградская область	1.83	Удмуртская Республика	–0.28
Республика Татарстан	1.74	Кировская область	–0.31
Республика Башкортостан	1.38	Свердловская область	–0.32
Тульская область	1.38	Ханты-Мансийский АО	–0.32
Калужская область	1.32	Ивановская область	–0.33
Иркутская область	1.17	Волгоградская область	–0.59
Краснодарский край	1.15	Челябинская область	–0.77

Составлено по данным Росстата.

и демографической нагрузки в регионе относительно её уровня в базисном году (назовём эти сдвиги *относительными*), но они ничего не говорят о *величине* произошедших сдвигов в силу огромных различий между регионами по количеству населения, объёмам промышленного и сельскохозяйственного производства. Например, промышленность Адыгеи выросла даже больше, чем промышленность Московской области (262 и 243% соответственно), но индустрия последней в 58 раз превышает адыгейскую (2020), то есть по величине прироста промышленной нагрузки столичная область на порядок опережает Адыгею.

По приросту объёма промышленного производства с большим отрывом лидируют Московская и Ростовская области, значительный прирост также наблюдается в Белгородской и Ленинградской областях и Татарстане, а наибольшие промышленные потери – в Челябинской и Волгоградской областях (табл. 3). Максимальное увеличение сельскохозяйственной нагрузки зафиксировано во всех центрально-чернозёмных областях, в Дагестане и Татарстане. Максимальные в масштабе страны потери продукции сельского хозяйства – в Московской области (табл. 4).

Максимальная убыль населения отмечается в ряде регионов Центра, Европейского Севера, Сибири, Урала, а лидирует по данному параметру Нижегородская область (табл. 5). Заметим, что она входит в топ-10 регионов, где сократились нагрузки всех трёх видов. В ходе реформирования страны население, а следовательно, и демографическая нагрузка на природу смещаются в Московский регион и на Северный Кавказ. Если ис-

ключить внезональную во всех отношениях Москву и тюменские автономные округа, можно сказать, что население сдвигается в зону с оптимальным соотношением тепла и влаги и максимальной биологической продуктивностью ландшафтов. Это движение внешне выглядит как тяготение к экологически благоприятным местам, но оно обусловлено социально-экономическими и природно-ресурсными, а не природно-экологическими факторами.

Проведённое исследование подтвердило высокую степень инерционности территориальной макроструктуры экономики страны, выражающейся в сосредоточении хозяйства и населения на территории с высокой антропогенной нагрузкой на природу [13]. Уместно вспомнить, что в конце 1990-х годов отдельные исследователи отмечали “как долговременную тенденцию рост станового хребта экономики – оси Сибирь–Урал–Поволжье” [14, с. 11]. Однако к настоящему времени этого не наблюдается: среди лидеров промышленного спада четыре уральских региона и даже ХМАО. А максимальный прирост аграрной продукции демонстрируют регионы, которые и в советский период были в сельскохозяйственном авангарде.

Новый постсоветский экологически неблагоприятный тренд в динамике нагрузок на природу – их концентрация в приморских регионах. Эта тенденция – следствие государственной политики, отдающей приоритет внешнему, а не внутреннему рынку [15]. В результате происходит усиление разнообразных нагрузок на уязвимые побережья внутриматериковых атлантических морей,

Таблица 4. Регионы, максимально увеличившие и сократившие объёмы сельскохозяйственного производства в 1990–2020 гг., % от объёма сельскохозяйственного производства РСФСР в 1990 г.

Регионы, максимально увеличившие объёмы производства	Увеличение, %	Регионы, максимально сократившие объёмы производства	Сокращение, %
Белгородская область	3.68	Вологодская область	–0.34
Тамбовская область	2.49	Смоленская область	–0.39
Курская область	2.41	Хабаровский край	–0.39
Липецкая область	2.04	Архангельская область (без АО)	–0.43
Воронежская область	1.64	Забайкальский край	–0.46
Республика Дагестан	1.54	Ставропольский край	–0.54
Республика Татарстан	1.54	Пермский край	–0.57
Пензенская область	1.34	Нижегородская область	–0.58
Брянская область	0.96	Курганская область	–0.66
Орловская область	0.92	Московская область	–0.75

Составлено по данным Росстата.

Таблица 5. Регионы максимального прироста и убыли населения в 1990–2020 гг., тыс. чел.

Регионы, максимального прироста населения	Увеличение	Регионы, максимальной убыли населения	Сокращение
Москва	3747.1	Тульская область	–406.9
Республика Дагестан	1311.3	Иркутская область	–418
Краснодарский край	1043.9	Тверская область	–421.4
Московская область	1043.5	Архангельская область (без АО)	–437.3
Чеченская Республика и Республика Ингушетия	737.5	Мурманская область	–440.1
Санкт-Петербург	382.3	Республика Коми	–441.4
Ханты-Мансийский АО	372.7	Кемеровская область	–462.6
Ставропольский край	354.8	Пермский край	–462.8
Ленинградская область	236.7	Свердловская область	–484
Республика Татарстан	232.1	Нижегородская область	–608.5

Составлено по данным Росстата.

а также Каспийского моря. Растущее воздействие на Черноморское побережье плохо совместимо с его главной, рекреационной, функцией, учитывая дефицит в стране зон пляжного отдыха у тёплых морей. Азовское море – самое проблемное в экологическом плане из всех российских морей. Балтийское море чувствительно ко всё увеличивающимся антропогенным нагрузкам из-за малых глубин и слабого водообмена с Мировым океаном через каскад узких проливов. К тому же оно давно интенсивно используется (а значит, и

загрязняется) сопредельными странами. А в замкнутой акватории Каспийского моря-озера обитает главная популяция осетровых рыб. Для нашей страны самовоспроизводящиеся биологические ресурсы Каспия не менее важны, чем его углеводороды.

На этом фоне приморские регионы Европейского Севера и Дальнего Востока поражены трансформационной депрессией. Это отнюдь не способствует декларируемому на высшем государственном уровне “развороту на Восток” и раз-

витию Северного морского пути, потенциально способным обеспечить независимость России в пространственном отношении (ведь её главные морские фасады обращены к Северному Ледовитому и Тихому океанам).

Усиление антропогенной нагрузки отмечается в приграничных регионах Европейской России, в то время как в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке на приграничных территориях она ослабевает. На фоне экономического и демографического роста в Северо-Восточном Китае это создаёт определённую политико-экологическую напряжённость на наших дальневосточных рубежах. В российско-китайском приграничье ярко проявляются такие свойства трансграничного природопользования, как асимметрия и асинхронность [16]. На китайской территории антропогенная нагрузка на природу намного больше и продолжает усиливаться, в то время как на приграничной периферии дальневосточных регионов наблюдаются признаки демографического опустошения, хозяйственного опустынивания и даже одичания: безлюдная тайга, брошенные деревни, развалившиеся рыбосовхозы и леспромхозы. Объём водопотребления в китайской части бассейна Амура, по фарватеру которого проходит государственная граница, — 39 км^3 , а в российской части — 1.1 км^3 [17, с. 478]. Доля Китая в общем сбросе загрязнённых сточных вод в Амур и его притоки составляет на разных участках от 78 до 98% [18].

Обращает на себя внимание тот факт, что рост всех видов нагрузок в регионах-лидерах намного существеннее, чем их сокращение в регионах максимального спада. К примеру, у лидера промышленного роста (Московская область) прирост объёма производства 6.65%, а у лидера спада (Челябинская область) — минус 0.77%; у лидера сельскохозяйственного прироста (Белгородская область) — 3.68%, у лидера спада (Московская область) — минус 0.75%. Поэтому ухудшение экологической обстановки в регионах активного роста нагрузок более вероятно, чем её улучшение в регионах-лидерах их спада. Налицо разнонаправленная и очень разнообразная региональная социально-экономическая динамика, значительное расслоение (в том числе геоэкологическое) российских регионов в результате 30-летних преобразований. А это требует регионализации экологической политики.

Следует ещё раз подчеркнуть условность геоэкологической трактовки региональной социально-экономической динамики. Она лишь в общих чертах отражает изменения антропогенной нагрузки и должна дополняться анализом отдельных воздействующих факторов. Так, в регионах производственного спада и убыли населения антропогенная нагрузка тоже может усиливаться,

поскольку в условиях низких доходов и безработицы малообеспеченные люди выживают за счёт чрезмерной эксплуатации биологических ресурсов [19] — почвенного плодородия, браконьерства, незаконных рубок леса, самозаготовок дров, самозахвата земель и т.п. Но такого рода нагрузка не фиксируется с помощью используемой нами методики её оценки.

ДИНАМИКА ДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РОССИЙСКИХ РЕГИОНАХ

Выявленные территориальные сдвиги населения и хозяйства косвенно отражают изменения общей, интегральной нагрузки на природу. Среди разных видов нагрузки по степени негативного воздействия выделяется добыча минеральных ресурсов, вызывающая крупномасштабную трансформацию практически всех природных компонентов и комплексов. Рассмотреть региональную динамику добывающей промышленности за весь постсоветский период не позволяют производимые Росстатом изменения статистической классификации элементов хозяйственных структур: переход с Общесоюзного классификатора отраслей народного хозяйства (ОКОНХ) на Общероссийский классификатор видов экономической деятельности (ОКВЭД), а затем на ОКВЭД-2. Мы предприняли попытку оценить сдвиги в добывающей промышленности регионов с 2005 по 2021 г., в период действия новых форм статистического учёта, а также восстановительного роста добычи минеральных ресурсов, существенно сократившейся в 1990-е годы.

Добыча угля с 2005 по 2021 г. увеличилась с 299 до 435 млн т, нефти (включая газовый конденсат) — с 470 до 523 млн т, природного газа — с 612 до 662 млрд м^3 . За это время добывающая индустрия выросла (в физических объёмах) на 24.2%, а доля добычи в промышленной структуре страны (в стоимостных показателях) — с 22.5 до 24.9%. На рисунке 2 показаны 45 основных добывающих регионов России, на территории которых в 2021 г. было сосредоточено свыше 90% добывающей промышленности. В большинстве из них отмечался рост добычи, лишь в восьми фиксируется её сокращение. При этом в половине основных добывающих регионов добыча минеральных ресурсов возросла более чем в 1.5 раза, а в четверти — более чем вдвое.

Больше половины продукции добывающей промышленности в 2021 г. обеспечивали всего пять регионов: ХМАО, Ямало-Ненецкий АО (ЯНАО), Кемеровская область, Якутия и Татарстан. Однако за исследуемый период добыча стала более рассредоточенной по территории страны. Если на первые пять регионов в 2005 г. приходи-

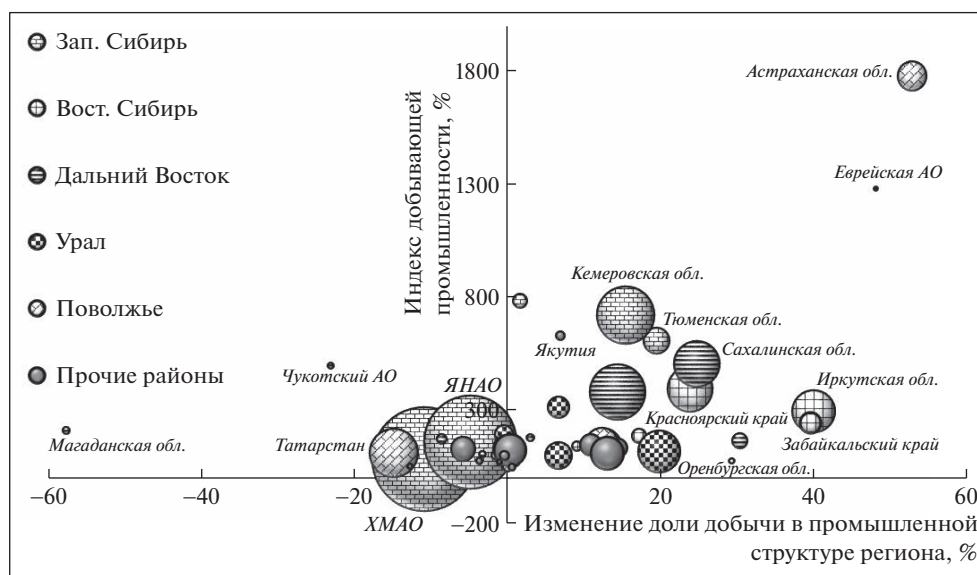


Рис. 2. Динамика добывающей промышленности в российских регионах в 2005–2021 гг., 2005 г. принят за 100% Диаметр шара пропорционален объёму выпуска добывающей промышленности региона (2021), руб.

лось свыше 2/3 российской добычи (по стоимости произведённой продукции), то в 2021 г. — только 51.1%, а доля первой десятки регионов сократилась с 4/5 до 2/3. Заметим, что рассредоточение добывающей индустрии в стоимостных показателях обеспечивается главным образом за счёт нефтяной промышленности (самая крупная по выручке добывающая отрасль) вследствие сокращения добычи в Западной Сибири и вовлечения в эксплуатацию новых ресурсов Восточной Сибири, Дальнего Востока, Ненецкого АО, шельфа Охотского и Каспийского морей. Несмотря на то, что в постсоветское время началась разработка многих новых месторождений угля, газа, железных и полиметаллических руд, прежде всего на востоке страны [20], роль регионов-лидеров сохраняется, что видно из данных по физическим объёмам добычи этих ресурсов (табл. 6).

Главные экспортно-ориентированные природо-эксплуатирующие регионы обычно рассматриваются как “валютные цеха”, поставщики валютной выручки в российскую казну. Но они же потенциально наиболее подвержены внешнеэкономической конъюнктуре, которая во многом определяется геополитической обстановкой, резко обострившейся в 2022 г. Ориентированные на экспорт регионы особо нуждаются в диверсификации хозяйственной структуры в связи с их подверженностью внешнеполитическим рискам.

Количество регионов, где доля добывающей индустрии в выпуске промышленной продукции превышает 50%, увеличилось с 9 в 2005 г. до 14

в 2021 г.³ Наиболее существенный рост доли добывающих отраслей в региональной промышленности показали: Астраханская область (+52.8, в основном за счёт разработки нефтяных месторождений Каспийского шельфа); Еврейская АО (+48.1% — разработка месторождений железных и марганцевых руд); Иркутская область (+40% — вовлечение в эксплуатацию нефтегазовых и угольных месторождений); Забайкальский край и Тыва (+39.6 и +29.3% соответственно — новые месторождения угля и полиметаллов); Сахалинская область (+24.7% — нефтегазодобыча на Охотском шельфе). В то же время доля добычи сократилась в главном нефтедобывающем регионе — ХМАО (–10.8%), а особенно сильно — в Татарстане (–14.8%).

Большой интерес представляют регионы, где значительный рост доли добычи сопровождается появлением первопредельных отраслей, также не отличающихся высокой экологичностью. Именно первые этапы переработки природного сырья наиболее энергоёмки, в отличие от тонких переделов последующих ступеней. Такие сдвиги наблюдаются в Еврейской АО, Забайкальском крае, Оренбургской области, Якутии.

³ В результате объединения в 2005–2008 гг. ряда субъектов РФ их количество сократилось. Но автономии, вошедшие в состав объединённых субъектов, не выделялись сколько-нибудь значимыми (в масштабах страны) объёмами добычи. Поэтому укрупнение субъектов не повлияло на увеличение количества регионов с доминированием добывающей индустрии. То же касается Крыма и Севастополя, вошедших в состав России в 2014 г.

Таблица 6. Доля регионов-лидеров в добыче минеральных ресурсов России, в физических объёмах, %

Минеральные ресурсы	Регионы, лидирующие по добыче	Год		
		1990	2005	2021
Нефть	Ханты-Мансийский АО	61	57	41
Газ	Ямало-Ненецкий АО	85	87	93
Уголь	Кемеровская область	38	55	56
Железная руда	КМА: Белгородская и Курская области	40	54	54

Составлено по данным Росстата.

На рисунке 2 хорошо виден северо-восточный вектор развития добывающей индустрии России. Следствием этого выступает распространение крупномасштабных воздействий на экологически значимые природные компоненты и комплексы Восточной Сибири, Дальнего Востока и Европейского Севера, особо уязвимые из-за гидрометеорологических условий и широкого распространения многолетнемерзлых пород. А добыча на шельфе Охотского (Сахалинская область) и Печорского (Ненецкий АО) морей осуществляется в экстремальных природных условиях: низкие температуры, дрейфующие льды, сильные штормы, колебания уровня моря. Современные климатические изменения, проявляющиеся также в учащении экстремальных опасных явлений, чреваты авариями с малопредсказуемыми экологическими последствиями. Поэтому следовать наказу М.В. Ломоносова “нарачивать могущество российское Сибирью и Арктикой” надо с большой осторожностью.

* * *

Сформировавшаяся в СССР территориальная структура антропогенной нагрузки на природу демонстрирует высокую степень инерционности. В постсоветский период суммарная нагрузка увеличивалась прежде всего на хорошо освоенной территории (примерно 1/10 часть территории страны, где проживает около трети населения), а сокращалась на обширной малоосвоенной (около половины территории, 1/6 населения России). Давление на природу усиливается в приморских регионах в бассейнах внутриматериковых атлантических морей, а также Каспийского моря, что приближает экологические угрозы к государственным границам и международным акваториям.

Сложившаяся тенденция вписывается в концепцию “компактизации” российского хозяйства и запрета на хозяйственное освоение диких земель с целью их сохранения в качестве экологического резерва всего человечества [21]. Некоторые зарубежные исследователи предлагали даже свернуть хозяйство на уже освоенных territori-

ях с суровыми климатическими условиями и эвакуировать оттуда население [22]. Однако в нашей крайне неравномерно освоенной стране такой вектор территориального развития не оправдан и с социальных, и с геополитических, и с экологических позиций. Относительный рост антропогенной нагрузки в центральной и юго-западной России ухудшает экологическую обстановку, а уменьшение производства на севере и востоке страны, снижающее нагрузку на окружающую среду, ухудшает социальную ситуацию, поскольку рабочие места и высокие доходы мигрируют на запад. Преодоление этих негативных тенденций требует включения социальных, экологических, а также геополитических факторов в ткань экономического анализа при разработке программ территориального развития России.

Добыча минеральных ресурсов продвигается во всё более удалённые районы с более суровыми природными условиями и уязвимыми ландшафтами. В результате формируются новые локальные очаги крупномасштабных воздействий на природу в Восточной Сибири, на Дальнем Востоке и Европейском Севере. В XXI в. большинство основных добывающих регионов РФ увеличили добычу минеральных ресурсов. Это свидетельствует об усилении в региональных промышленных комплексах позиций природоёмких энерго- и материалопроизводящих секторов экономики, а заметных признаков “озеленения” региональных структур не обнаружено. Более половины продукции добывающей промышленности сосредоточено всего в пяти регионах: ХМАО, ЯНАО, Кемеровской области, Якутии и Татарстане. В условиях современных геополитических потрясений эти ориентированные на экспорт поставщики валютной выручки в первую очередь нуждаются в диверсификации их хозяйственных структур.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено в рамках темы государственного задания Института географии РАН АААА-А19-119022190170-1 (FMGE-2019-0008).

ЛИТЕРАТУРА

1. Битюкова В.Р. Экономико-географическая оценка экологических последствий трансформации отраслевой структуры хозяйства регионов и городов России в 2000–2020 гг. // Известия РАН. Серия географическая. 2022. № 3. С. 416–434.
2. Государственный доклад “О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2018 году”. М.: НИИ-Природа, 2019.
3. Диффузное загрязнение водных объектов: проблемы и решения. М.: ИВП РАН, 2020.
4. Исаченко А.Г. Экологическая география России. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2001.
5. Котляков В.М., Лосев К.С., Суэтова И.А. Вложение энергии в территорию как экологический индикатор // Известия РАН. Серия географическая. 1995. № 3. С. 70–75.
6. Mata F.J., Onisto L.J., Vallentyne J.R. Consumption: The other side of population for development // Ethics in science and environmental politics. 2012. № 1. P. 15–20.
7. Природопользование в территориальном развитии современной России. М.: Медиа-Пресс, 2014.
8. Ключев Н.Н. Экологические итоги реформирования России // Вестник РАН. 2001. № 3. С. 233–239; Klyuev N.N. Reforming Russia: the Environmental Effects // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2001. № 2. P. 154–159.
9. Регионы России. Социально-экономические показатели 2022. <https://rosstat.gov.ru/folder/210> (дата обращения 27.01.2023).
10. Российский статистический ежегодник. 1994. М.: Госкомстат России, 1994.
11. Социально-экономические показатели Российской Федерации в 1991–2020 гг. // Приложение к Ежегоднику “Социально-экономические показатели Российской Федерации”. <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13396> (дата обращения 27.01.2023).
12. Социально-экономические показатели по субъектам Российской Федерации. 2000–2020 гг. // Приложение к сборнику “Регионы России. Социально-экономические показатели”. <http://rosstat.gov.ru/folder/210/document/47652> (дата обращения 27.01.2023).
13. Данилов-Данильян В.И., Ключев Н.Н. Природно-ресурсная сфера России: тенденции развития и желательные стратегии // Вызовы и политика пространственного развития России в XXI веке. М.: КМК, 2020. С. 111–147.
14. Трейвиш А.И. География российских кризисов // Известия РАН. Серия географическая. 1999. № 2. С. 7–16.
15. Лаженцев В.Н. Север России: вопросы пространственного и территориального развития. Сыктывкар: ИСЭиЭПС, 2015.
16. Бакланов П.Я., Ганзей С.С. Трансграничные территории: проблемы устойчивого природопользования. Владивосток: Дальнаука, 2008.
17. Геосистемы Дальнего Востока России на рубеже XX–XXI вв. Т. 2. Природные ресурсы и региональное природопользование. Владивосток: Дальнаука, 2010.
18. О российско-китайском сотрудничестве в области использования и охраны водных ресурсов // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2005. № 6. С. 134–137.
19. Тишков А.А., Ключев Н.Н. Экосистемы в условиях постсоветской трансформации природопользования // Рациональное природопользование: международные программы, российский и зарубежный опыт. М.: КМК, 2010. С. 342–370.
20. Ключев Н.Н. Новое промышленное и транспортное строительство в России. Экономико-географический аспект // Вестник РАН. 2019. № 7. С. 678–687; Klyuev N.N. New Industrial and Transport Construction in Russia: Economic and Geographical Aspects // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2019. № 4. P. 333–341.
21. Лосев К.С., Ананичева М.Д. Экологические проблемы России и сопредельных территорий. М.: Ноосфера, 2000.
22. Hill F., Gaddy C.G. The Siberian curse: How communist planners left Russia out in the cold. Washington: Brookings Institution Press, 2003.

РУССКОЯЗЫЧНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В БЫВШИХ НАЦИОНАЛЬНЫХ РЕСПУБЛИКАХ СССР В ПОСЛЕДНИЕ 30 ЛЕТ

© 2023 г. А. Л. Арефьев^{a,b,*}

^aГосударственный институт русского языка им. А.С. Пушкина, Москва, Россия

^bИнститут социологии ФНИСЦ РАН, Москва, Россия

*E-mail: alexander.arefiev@gmail.com

Поступила в редакцию 18.09.2022 г.

После доработки 25.09.2022 г.

Принята к публикации 15.10.2022 г.

Статья написана на основе статистических данных, результатах экспертных опросов и оценок автора о процессах изменения в русскоязычном образовании в бывших советских национальных республиках в период с 1991/1992 по 2019/2020 учебный год. Исследование свидетельствует о в целом необратимых изменениях в числе школьников и студентов, получавших образование на русском языке на протяжении 30 лет (после распада СССР). Вместе с тем в самые последние годы, в том числе в связи с демографическими процессами и некоторыми другими факторами, число школьников, обучающихся в русскоязычных классах и школах ряда среднеазиатских республик, стало увеличиваться.

Ключевые слова: русский язык, школы и вузы, обучение, страны СНГ.

DOI: 10.31857/S0869587323030027, **EDN:** QEDEIU

После распада СССР русский язык остался государственным, помимо России, лишь в Белоруссии (наряду с белорусским), а также в ряде самопровозглашённых республик — Южная Осетия, ДНР и ЛНР, две последние из которых теперь вошли в состав России. Официальным языком (используемым, наряду с государственным языком, в различных учреждениях) русский признан в Абхазии, Казахстане, Киргизии и Приднестровской Молдавской Республике (по факту в ПМР он выполняет роль государственного языка), языком межнационального общения — в Молдавии, Украине (на практике превращается в язык меньшинства, а в системе образования — в ино-

странный), Таджикистане, Узбекистане и Туркменинии (в последних двух странах русский фактически — иностранный). Во всех государствах Балтии, а также в Азербайджане, Грузии и Армении де-юре русский — иностранный язык.

В СССР в 1990/1991 учебном году на русском языке в общеобразовательных школах учились в общей сложности 28.3 млн человек, или 64.6% всех детей, в том числе в РСФСР — 95.6% школьников (19.1 млн из 20.0 млн), а в национальных республиках в общей сложности — 38.6% (9.2 млн из 23.9 млн обучающихся). Лидерами по русскоязычному школьному образованию в 1990/1991 учебном году являлись Белоруссия и Казахстан (самая русскоязычная неславянская республика СССР, около 40% населения которой, по данным последней советской переписи населения 1989 г., являлись русскими по национальности). Среди прибалтийских республик русский язык наиболее широко использовался в школьном образовании Латвии (русские по национальности составляли более трети её жителей). Меньше всего русский язык использовался в школах Таджикской ССР — всего 9.2% учеников в 1990/1991 учебном году, при этом доля русских в республике составляла в 1989 г. 7.6%, однако вследствие начавшегося с конца 1980-х годов процесса их вы-



АРЕФЬЕВ Александр Леонардович — кандидат исторических наук, доцент, заместитель руководителя Центра языковой политики и международного образования ГИРЯ им. А.С. Пушкина, старший научный сотрудник ФНИСЦ РАН.

теснения из республики, в том числе с применением насилия, а также отказа от русского языка как средства обучения уже к 2009/2010 учебному году лишь 1.2% школьников продолжали обучение на русском языке. В сравнительно ограниченных масштабах русский язык использовался в Узбекистане и Туркмении, а также в Армении (наиболее моноязычная республика Закавказья) [1].

После распада СССР русский язык стал активно вытесняться из системы общего образования почти во всех бывших советских республиках, получивших независимость. За минувшие 30 лет общая доля школьников, обучающихся на русском языке, сократилась на постсоветском пространстве (без учёта РФ) до 19.0%, то есть вдвое по сравнению с 1990/1991 учебным годом. В абсолютных цифрах их число уменьшилось с 9.2 млн до 4.1 млн человек.

Наиболее интенсивно русскоязычное образование сокращалось в первое десятилетие независимого развития. Метод ликвидации школ с обучением на русском языке был универсален: в качестве первого шага в них вводилось преподавание ряда предметов на государственном языке, и учебное заведение становилось двуязычным; затем всех русскоязычных учащихся сводили в классы с обучением на русском языке, при этом приём в начальные классы с обучением на русском прекращался, и школа в течение нескольких лет преобразовывалась в моноязычную с преподаванием на государственном языке. Русский же язык начал преподаваться факультативно, а русская литература переводилась в раздел иностранной или зарубежной и изучалась уже в переводе на национальный (государственный) язык.

Заметнее всего — в 3–10 раз — сократилась доля обучавшихся на русском в школах Грузии, Туркмении, Армении, Украины, Литвы, Эстонии, Азербайджана, в то время как в Белоруссии обучавшихся на русском стало больше почти на 10%. В абсолютных цифрах самые большие потери за 30 лет русскоязычное школьное образование понесло на Украине: обучавшихся на русском стало меньше на 3 млн человек, если считать с ДНР и ЛНР, где системой школьного образования, ставшей полностью русскоязычной, охвачены 233.5 тыс. детей соответствующего возраста — почти столько же, сколько и в остальной части Украины — 281.3 тыс. Обучение на русском в школах Украины сохранялось в основном в пяти областях — Одесской, Харьковской, Днепропетровской, Запорожской и Донецкой. В Казахстане число русскоязычных школьников уменьшилось на 1.1 млн человек. Обучение на русском в школах Казахстана сосредоточено в основном в Алма-Ате, а также в Костанайской, Восточно-Казахстанской, Карагандинской, Северо-Казахстан-

ской и Акмолинской областях. В диапазоне от 100 до 200 тыс. человек сократилось число обучавшихся на русском языке в школах Грузии, Молдавии, Азербайджана, Латвии, Туркмении.

В 2019/2020 учебном году, помимо Белоруссии, русский язык наиболее широко использовался в общеобразовательных школах самопровозглашённых ДНР и ЛНР и в Республике Южная Осетия (обучение осуществляется только на русском), а также в Приднестровье (табл. 1).

Следует отметить важную тенденцию: в последнее десятилетие общее число школьников, обучающихся на русском языке, стало постепенно увеличиваться, в основном за счёт государств Средней Азии (Узбекистан, Киргизия, Таджикистан) и Казахстана, а также Азербайджана, что связано не только с демографическим фактором (именно в этих республиках наиболее высокие темпы прироста титульного населения на постсоветском пространстве), но прежде всего с более высоким качеством подготовки в русскоязычных школах в сравнении со школами с обучением на государственных языках. Классы в русскоязычных школах (как правило, они городские) переполнены и подавляющее большинство их учащихся — из семей титульных наций. Эта картина наблюдается практически на всём постсоветском пространстве, даже на Украине, где планомерно осуществляется перевод школьного обучения на украинский язык. Так, среднее число учеников в школах с обучением на украинском составляла в 2019/2020 учебном году 276 человек, в то время как в школах с обучением на русском (таковых на Украине осталось 125, то есть почти в 35 раз меньше, чем в 1990/1991 учебном году) — 2250 человек. В странах Балтии национальный состав школ с обучением на русском языке иной: детей коренных национальностей в них не более 5–10%.

Если в период СССР именно Украина лидировала по числу детей, обучавшихся в школах на русском (свыше 3.5 млн человек в 1990/1991 учебном году), то в настоящее время по данному показателю на первом месте Казахстан (1.0 млн чел.), далее следуют Белоруссия (0.9 млн) и Узбекистан (0.6 млн).

В системе среднего профессионального образования (СПО) бывших советских республик в 1990/1991 учебном году на русском языке получали различные профессии в общей сложности около миллиона учащихся (43.8% контингента обучавшихся в образовательных учреждениях этого типа). Больше всего их насчитывалось в СПО Украины (0.5 млн), Казахстана (173.4 тыс.) и Белоруссии (136.5 тыс.). По удельному весу обучавшихся на русском лидировали Белоруссия, Туркмения, Киргизия, Казахстан, Украина и Латвия. Это в значительной степени объяснялось отсутствием соответствующих учебников на нацио-

Таблица 1. Доля учащихся школ в бывших республиках СССР/странах СНГ и Балтии, обучавшихся на русском языке в 1990/1991 и 2019/2020 учебных годах, %

Республики СССР/Страны СНГ и Балтии	Годы обучения		Изменение доли обучавшихся на русском языке за 30 лет, %
	1990/1991	2019/2020	
Южная Осетия	—	100.0	—
Белоруссия	80.3	89.7	+9.4
Абхазия	—	53.3	—
Казахстан	69.5	30.9	–38.6
Молдова (включая Приднестровье)	34.2	27.9	–6.3
Молдова без Приднестровья	—	19.2	—
Киргизия	29.4	27.0	–2.4
Латвия	42.0	24.0	–18.0
Эстония	38.0	14.4	–23.6
Украина (включая ДНР и ЛНР)	51.4	11.8	–39.6
Украина без ДНР и ЛНР	—	6.8	—
Узбекистан	13.5	10.5	–3.0
Азербайджан	17.9	8.4	–9.5
Литва	15.2	4.7	–10.5
Таджикистан	9.2	4.6	–4.6
Грузия	23.0*	2.4	–20.6
Туркмения	14.1	1.9	–12.2
Армения	15.3	1.4	–13.9

*В 1990/1991 учебном году включая Абхазскую АССР и Юго-Осетинскую автономную область.

Источник: составлено по [2–18] и расчётам автора.

нальных языках и неразвитостью технической терминологии на титульных языках.

Спустя 30 лет ситуация с использованием русского языка в системе среднего профессионального образования на постсоветском пространстве (за пределами границ РФ) значительно изменилась. Прежде всего почти вдвое сократилось число обучавшихся на русском (до 446.0 тыс. человек, или 23.0% всего контингента). Лидирующие позиции по удельному весу студентов русскоязычных групп в СПО заняли самопровозглашённые Абхазия и Южная Осетия, а также ДНР и ЛНР, где 100% студентов СПО обучались на русском, и Приднестровье, где доля русскоязычных обучающихся достигает 97.7%, и Белоруссия (табл. 2).

По абсолютной численности студентов системы СПО лидируют Казахстан (197.5 тыс. человек) и Белоруссия (109.3 тыс.), затем следует Киргизия (49.5 тыс.). Именно в этих трёх республиках со-

средоточено 4/5 обучающихся на русском в организациях среднего профессионального образования бывших национальных республик СССР. В то же время русский язык практически не используется в системе СПО Азербайджана, Армении, Грузии и Туркмении (причём ранее в этой республике на русском учились 9/10 всех студентов организаций СПО), используется крайне ограниченно в Литве и Латвии (табл. 3). Почти прекращено обучение на русском языке в училищах и колледжах Украины (в 2019/2020 учебном году на русском обучалось лишь несколько групп общей численностью 347 человек). Сокращается использование русского языка и в СПО Эстонии (русскоязычные группы пока ещё сохраняются лишь в частных образовательных организациях этого типа).

В системе высшего образования государств бывшего СССР русский язык до начала 2000-х годов сохранял в целом более устойчивые позиции,

Таблица 2. Доля учащихся организаций среднего профессионального образования в бывших республиках СССР/странах СНГ и Балтии, обучавшихся на русском языке в 1990/1991 и 2019/2020 учебных годах, %

Республики СССР/Страны СНГ и Балтии	Годы обучения		Изменения доли обучавшихся на русском языке за 30 лет, %
	1990/1991	2019/2020	
Абхазия	—	100.0	—
Южная Осетия	—	100.0	—
Белоруссия	95.0	99.9	+9.4
Киргизия	80.0	52.9	–27.1
Казахстан	70.0	41.5	–33.5
Молдова (в т.ч. Приднестровье)	22.0	23.6	+1.6
Молдова без Приднестровья	—	12.6	—
Украина (в т.ч. ДНР и ЛНР)	66.7	22.5	–44.2
Украина без ДНР и ЛНР	—	0.2	—
Эстония	60.0	21.2	–39.8
Таджикистан	40.0	7.3	–32.8
Узбекистан	8.0	2.7	–5.3
Латвия	65.0	0.1	–64.9
Литва	11.2	0.1	–11.1
Азербайджан	40.0	0.0	–58.0
Армения	45.9	0.0	–45.9
Грузия	25.0	0.0	–42.6
Туркмения	90.0	0.0	–90.0

Источник: составлено по [2–18] и расчётам автора.

чем в системе общего и среднего профессионального образования, что было связано с отсутствием достаточно полной терминологии и соответствующих учебников и пособий на языках титульных наций (государственных языках) в инженерно-технической и естественно-научной областях, медицине.

В вузах советских национальных республик в 1990/1991 учебном году на русском языке обучались в общей сложности 1.4 млн студентов (61.8% контингента обучавшихся в высшей школе этих республик). Больше всего в вузах Украины (616.8 тыс. человек), Казахстана (258.1 тыс.) и Белоруссии (185.8 тыс.). По удельному весу обучавшихся на русском лидировали Белоруссия, Туркмения, Киргизия, Казахстан, Украина, Таджикистан и Азербайджан.

За 30 лет после обретения независимости число студентов, обучавшихся на русском языке, сократилось в 2.1 раза — до 692.3 тыс., что составило в 2019/2020 учебном году лишь 18.4% всего кон-

тингента студентов вузов постсоветских стран, однако столь значительное уменьшение доли русскоязычного сектора высшей школы СНГ и Балтии было связано прежде всего с высокими темпами расширения системы высшего образования на постсоветском пространстве, появлением негосударственных вузов и значительным увеличением общего числа обучающихся в высших учебных заведениях (с 2.3 до 3.8 млн человек).

Самые большие потери в русскоязычном секторе высшего образования отмечены на Украине (без учёта ДНР и ЛНР): численность обучающихся на русском сократилась на 600 тыс. человек, а в вузах Казахстана почти на 100 тыс., Латвии на 45 тыс., Туркмении на 42 тыс., Эстонии на 40 тыс., Армении на 37 тыс., Азербайджана на 34 тыс., Грузии на 30 тыс. В то же время на 45 тыс. увеличилось число студентов, обучавшихся на русском, в вузах Белоруссии, на 12 тыс. — Таджикистана, на 10 тыс. — Киргизии. Полностью перешли на русскоязычное обучение вузы Абхазии,

Таблица 3. Доля студентов вузов в бывших республиках СССР/странах СНГ и Балтии, обучавшихся на русском языке в 1990/1991 и 2019/2020 учебных годах, %

Республики СССР/Страны СНГ и Балтии	Годы обучения		Изменения доли обучавшихся на русском языке за 30 лет, %
	1990/1991	2019/2020	
Абхазия	—	100.0	—
Южная Осетия	—	100.0	—
Белоруссия	98.5	99.6	+1.1
Киргизия	93.0	65.4	–27.6
Казахстан	90.0	30.2	–59.8
Молдова (в т.ч. Приднестровье)	40.0	28.9	–11.1
Молдова без Приднестровья	—	13.8	—
Таджикистан	55.0	24.0	–31.0
Азербайджан	52.0	12.9	–39.1
Украина (в т.ч. ДНР и ЛНР)	66.7	7.8	–58.9
Украина без ДНР и ЛНР	—	0.5	—
Латвия	45.0	6.7	–38.3
Армения	41.5	6.6	–34.9
Узбекистан	8.0	2.7	–5.3
Эстония	41.0	2.2	–39.8
Литва	25.0	1.4	–23.6
Грузия	30.0	1.3	–28.7
Туркмения	95.0	0.0	–95.0

Источник: составлено по [11].

Южной Осетии, ДНР и ЛНР, на русском обучают почти всех студентов и в Приднестровье.

Сегодня лидирующие позиции по удельному весу обучающихся на русском языке занимают Приднестровье и Белоруссия (99.4%), а также Киргизия (65.4%). Довольно большой сектор русскоязычного образования сохраняется и в вузах Казахстана (30.2%). В то же время русский язык практически не представлен в национальных вузах Туркменистана и в очень ограниченных масштабах — в вузах Латвии, Армении, Узбекистана, Эстонии, Литвы, Грузии. В этих странах русский язык как средство обучения используется прежде всего на филологических факультетах в группах, где он изучается как специальность. Кроме того, в ряде стран СНГ подготовка на русском языке осуществляется в ряде филиалов российских вузов и в совместных славянских университетах. Процесс вытеснения русского языка из высшей школы наиболее заметно в последние годы проходит на Украине и в странах Балтии (где он ча-

стично остался лишь в негосударственных вузах), сокращается русскоязычный сектор обучения и в вузах Молдавии (табл. 3).

Знание любого языка, в том числе русского, воспроизводится прежде всего системой школьного образования, и огромную роль в этом процессе играют учителя. Именно благодаря школьным русистам русский и как средство обучения и как средство коммуникации продолжает сохранять свои позиции на постсоветском пространстве. В этой связи чрезвычайно важной представляется информация о числе учителей русского языка и литературы. Согласно данным национальных статистических служб, национальных министерств образования и компетентных экспертов, общее число школьных учителей русского языка на постсоветском пространстве составляет в настоящее время (без учёта России) 83.3 тыс. человек.

Самое большое число учителей русского языка в 2019/2020 учебном году сохранялось на Украине

Таблица 4. Численность и доля учителей русского языка и литературы относительно общей численности учителей школ в странах СНГ и Балтии в 2019/2020 учебном году

Страны СНГ и Балтии	Общая численность учителей школ, человек	Число учителей русского языка и литературы, человек	Доля учителей русского языка и литературы в общей численности школьных педагогов, %
Южная Осетия	1276	150	11.2
Украина (в т.ч. ДНР и ЛНР)	468020	49500	10.6
Украина без ДНР и ЛНР	439921	21400	4.9
Армения	31000	3099	10.2
Абхазия	3623	3650	10.1
Таджикистан	124593	8615	6.9
Казахстан	366666	23725	6.7
Киргизия	82773	6608	6.5
Узбекистан	445000	28077	6.3
Белоруссия	111400	6635	6.0
Молдова (в т.ч. Приднестровье)	31860	1715	5.4
Молдова без Приднестровья	27400	1365	5.0
Эстония	16357	784	4.8
Азербайджан	153708	6432	4.2
Литва	29030	860	3.0
Туркменистан	50000	1250	2.5
Грузия	63780	1400	2.2
Латвия	28882	490	1.7

Источник: составлено по [2–18] и расчётам автора.

(49.5 тыс.), но более половины из них преподавали в школах ДНР и ЛНР, в то время как на остальной территории республики шёл быстрый процесс сокращения школьных русистов (они либо перепрофилируются в учителей украинского языка, либо вообще меняют профессию или уходят на пенсию). Второй наиболее крупный по численности контингент школьных русистов (23.7 тыс.) — в Казахстане. Следует отметить, что большинство школьных учителей русского языка и литературы в этой республике — среднего и старшего возраста. Так, доля среди них учителей старше 50 лет составляет 37.2% (в том числе пенсионного возраста — 1930 человек, или 8.8%), в то время как русистов моложе 30 лет в школах Казахстана только 9.7%. Для сравнения: среди учителей английского языка доля молодых (до 30 лет) — 37.2%, а старше 50 лет — всего 12.4% (из них пенсионного возраста 524 человека). Налицо проблема старения корпуса учителей русского языка и

литературы и отсутствия им полноценной замены; выпускники педагогических и филологических факультетов местных вузов не идут в школы преподавать русский язык вследствие низкой оплаты труда и невысокой престижности данной профессии.

По доле учителей-русистов в общем контингенте школьных педагогов лидировали Южная Осетия, Украина (за счёт ДНР и ЛНР), Армения и Абхазия. Наименьшая доля учителей русского языка и литературы среди школьных педагогов — в Латвии, Грузии, Туркмении и Литве (табл. 4). Примерно в половине стран СНГ и Балтии прежняя достаточно качественная централизованная система подготовки и переподготовки учителей русского языка, эффективно функционировавшая в период СССР, практически ликвидирована.

Учитывая, что каждый учитель, в том числе русист, должен повышать свою квалификацию не

реже чем один раз в 5 лет (лучше всего делать это в стране изучаемого языка), представляется необходимым увеличить количество мест (квот) для языковых стажировок школьных русистов стран СНГ и Балтии в России за счёт средств федерального бюджета (с оплатой не только курса обучения, но и проезда и проживания) не менее чем до 10 тыс. в год. Такая поддержка квалификации школьных русистов очень важна, ибо в отличие от русистов вузов они в несколько раз реже выезжают на стажировки в Россию, в основном летом, в период отпусков и школьных каникул. Особенно нуждаются в такой переподготовке и повышении квалификации русисты республик Средней Азии и Северного Кавказа. Как представляется, при открытии новых филиалов российских вузов в странах СНГ в приоритетной поддержке нуждаются филиалы педагогического профиля, готовящие учителей для школ с обучением на русском языке (в том числе учителей начальных классов и учителей-предметников) и учителей-русистов для национальных школ (с обучением на государственном и иных национальных языках).

Один из индикаторов востребованности в мире того или иного языка — число иностранных студентов, приезжающих в вузы соответствующей страны для получения высшего образования на данном языке. В доковидный 2019 г. высшая школа России занимала 7-е место (после США, Великобритании, Китая, Германии, Австралии и Канады) по числу иностранных граждан, обучавшихся в российских вузах. Причём 62.2% всех иностранных студентов, стажёров, аспирантов, слушателей подготовительных отделений (220.9 тыс. из 353.4 тыс.) составляли выходцы из бывших национальных республик СССР, в том числе среди обучавшихся очно — 52.2%, заочно — 96.2%.

По абсолютной численности граждан, приезжающих для обучения по программам высшего образования в Россию, уже многие годы лидирует Казахстан: студенты из этой страны составляют пятую часть всех иностранных студентов вузов России, не менее половины из них — выходцы из русских по национальности семей. Они уезжают в Россию ввиду сужающихся возможностей получения образования на родном языке, а также неблагоприятных для них, как представителей нетитульной нации, социально-профессиональных перспектив. В группу основных поставщиков иностранных студентов с постсоветского пространства входят почти все страны Центральной Азии, прежде всего Узбекистан и Туркменистан, вузы которых не в состоянии принять всех выпускников общеобразовательных школ. Причём число обучающихся за рубежом, чаще всего в России, студентов среди граждан Туркменистана превышает число обучающихся в национальных вузах.

За последние 10 лет наиболее высокие темпы прироста студентов очной формы обучения в российской высшей школе отмечались из Узбекистана (в 6 раз), Таджикистана и Туркмении (в 5 раз) и Казахстана (в 2.5 раза). Вместе с тем с 2015/2016 учебного года почти вдвое сократился приток студентов-очников — граждан Украины. Причём приезжали к нам на учёбу в основном выходцы из ДНР и ЛНР, в то время как студентов собственно с Украины в российских вузах очень мало. Аналогичная ситуация и с обучающимися из Молдовы: их число в вузах России за последние пять лет несколько сократилось, в подавляющем большинстве это выходцы из Приднестровской Молдавской Республики; молдавская молодёжь предпочитает учиться в Румынии.

В последние годы в вузах России сокращается численность студентов из Белоруссии: если в 2014/2015 учебном году их насчитывалось 22 199 человек, то в 2018/2019 году вдвое меньше — 11.5 тыс. (сокращение произошло в основном за счёт обучавшихся заочно). Меньше всего желающих учиться в России и на русском языке среди молодёжи стран Балтии (в том числе выходцев из русскоязычных семей) и Грузии.

По удельному весу студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования в вузах России, по отношению к общему студенческому контингенту в национальных вузах лидируют Туркменистан, самопровозглашённые республики Абхазия и Южная Осетия, Казахстан и Таджикистан. Наименьшая доля студентов, обучающихся в высшей школе РФ, — из Литвы, Грузии и Эстонии (табл. 5).

Выходцы из бывших советских республик обучаются в вузах России на очных отделениях прежде всего инженерно-техническим специальностям, а также медицине и фармацев, экономике и управлению, педагогике. Меньше всего среди них тех, кто выбрал в качестве специальности русский язык (2.0% и ещё 1.2% — на подготовительных отделениях и языковых курсах, а также в рамках краткосрочных стажировок в 2018/2019 учебном году). Заочно выходцы из СНГ и Балтии изучают в российских вузах в основном экономику и управление и право. Причём в два последних предковидных года (2018/2019 и 2019/2020) наблюдалось почти повсеместное сокращение числа представителей стран СНГ и Балтии, изучавших русский язык как специальность. Исключение составили только студенты из Туркмении и Таджикистана, которые стабильно поступают на гуманитарные, филологические и педагогические факультеты со специализацией по русскому языку.

Процессы в русскоязычном образовании в странах СНГ в целом совпадают с процессами сокращения числа владевших русским языком:

Таблица 5. Численность и доля студентов из стран СНГ и Балтии, обучавшихся в вузах РФ в 2019/2020 учебном году по программам ВПО, в общей численности студентов вузов этих стран

Страны	Общая численность студентов в национальных вузах, человек	Число студентов, обучавшихся в вузах РФ, человек*	Доля обучавшихся в вузах РФ в общей численности студентов, %
Туркмения	37 500	35 703	95.2
Абхазия	3013	1527	50.7
Южная Осетия	3000	413	13.8
Казахстан	604 300	68 024	11.3
Таджикистан	220 000	21 932	10.0
Азербайджан	198 707	8.4	9.5
Молдова (включая Приднестровье)	71 408	4975	7.0
Узбекистан	571 500	37 811	6.6
Киргизия	162 500	7588	4.7
Армения	64 500	2781	4.3
Белоруссия	254 400	11 300	4.4
Украина (включая ДНР и ЛНР)	1 266 121	14 977	1.1
Эстония	45 259	493	1.1
Латвия	79 408	729	0.9
Грузия	148 800	753	0.5
Литва	104 000	324	0.3

*Без учёта слушателей подготовительных отделений, летних и зимних школ, а также обучавшихся на курсах переподготовки и повышения квалификации.

119 млн человек в 1990 г., 79.3 млн в 2018 г. [9, с. 93]. Вместе с тем огромный демографический прирост населения в Средней Азии, прежде всего в Узбекистане (обеспечившем почти 50% прироста всего среднеазиатского населения в период с 1992 по 2020 г.), увеличивающийся приток среднеазиатских мигрантов в Россию, которые должны владеть русским языком, стремление родителей любыми путями отдать детей в русскоязычные классы и школы (в которых подавляющее большинство учащихся составляют представители титульных наций), открытие школ, где обучение ведётся по российским программам, посылка учебников и школьных учителей из России в ряд среднеазиатских республик, открытие в них всё новых филиалов российских вузов (спрос на российское высшее образование в них растёт) даёт надежду на усиление позиций русского языка в странах СНГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Арефьев А.Л.* Русский язык на рубеже XX–XXI веков [Электронный ресурс]. М.: Центр социального прогнозирования и маркетинга, 2012.
2. Народное образование и культура. Народное хозяйство СССР в 1990 г. Ч. 1. Статистический ежегодник. <https://istmat.info/node/454> (дата обращения 15.09.2020).
3. Население, занятость и условия жизни в странах Содружества Независимых Государств, 2020: стат. сборник / Межгосударственный статистический комитет СНГ. М., 2021. С. 123, 124.
4. Статистика системы образования Республики Казахстан. Нур-Султан: Информационно-аналитический центр, 2021.
5. Образование в Республике Беларусь (2019/2020 учебный год). Минск, 2019.
6. Статистический ежегодник Казахстана. Алма-Ата: Государственный комитет Казахской ССР по статистике и анализу, 1991.

7. Статистический ежегодник Туркмении. Ашхабад, 2012.
8. Образование в Республике Таджикистан. 25 лет государственной независимости. Стат. сборник. Душанбе: Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан, 2016.
9. Образование и наука в России: состояние и потенциал развития / Отв. ред. А.Л. Арефьев. Вып. 5. М.: ФНИСЦ РАН, 2020.
10. Индекс положения русского языка в мире: Индекс глобальной конкурентоспособности (ГК-Индекс), Индекс устойчивости в странах постсоветского пространства (УС-Индекс). Вып. 2 / Под ред. М.А. Осадчего. М.: ГИРЯ им. А.С. Пушкина, 2020.
11. Экспорт российских образовательных услуг. Стат. сборник. Вып. 10. М.: ГИРЯ им. А.С. Пушкина, 2020. С. 29–38.
12. 30 лет независимости Кыргызской Республики. Цифры и факты. Бишкек: Национальный статистический комитет Кыргызской Республики, 2021.
13. Anuarul Statistic al Republicii Moldova. 1995. Chisinau: Departamentul de Stat pentru Statistică, 1995.
14. Anuarul Statistic al Republicii Moldova. 2020. Chisinau: Birou National. Statistica al Republicii Moldova, 2020.
15. Загальна середня та професійна (професійно-технічна) освіта в Україні у 2019 році. Київ: Державна служба статистики України, 2019.
16. Latvijas statistikas gadagrāmata 2016. Riga: Statistical Yearbook of Latvia, 2016.
17. Statistical Yearbook of Armenia. Yerevan, 2020.
18. Education, science and culture in Azerbaijan. Baku: Statistical yearbook, 2019.

ПЕРСОНИФИЦИРОВАННЫЙ ПОДХОД К МОНИТОРИНГУ И ТЕРАПИИ КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ

© 2023 г. М. Ю. Киров^{а,*}, В. В. Кузьков^{а,**}, Е. В. Фот^{а,***}, А. А. Смёткин^{а,****}

^аСеверный государственный медицинский университет Минздрава России, Архангельск, Россия

*E-mail: mikhail_kirov@hotmail.com

**E-mail: v_kuzkov@mail.ru

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

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

Поступила в редакцию 13.01.2023 г.

После доработки 23.01.2023 г.

Принята к публикации 30.01.2023 г.

В статье изложены ключевые аспекты диагностики и терапии критических состояний. Особое внимание уделено инвазивному мониторингу гемодинамики при сепсисе и септическом шоке. Авторы рассматривают стратегию инфузионной терапии и респираторной поддержки как у пациентов реанимационного профиля, так и в периоперационном периоде обширных хирургических вмешательств. Результаты клинических исследований легли в основу персонализированного подхода к мониторингу и терапии критических состояний. Такой подход, представляя собой одно из перспективных направлений современной медицины, изменяет диагностическую и лечебную тактику, позволяет достоверно улучшить клинические исходы, снижает нагрузку на систему здравоохранения и длительность госпитализации, уменьшает количество осложнений и летальных исходов.

Ключевые слова: мониторинг, персонализированная терапия, острый респираторный дистресс-синдром, сепсис, инфузионная терапия, респираторная поддержка.

DOI: 10.31857/S0869587323030040, **EDN:** QENTBT

Коррекция гемодинамических нарушений и органной дисфункции у пациентов, находящихся в критическом состоянии, — одна из ключевых задач современной интенсивной терапии. Это особенно актуально при шоке, который регистрируется приблизительно у трети пациентов отделения интенсивной терапии и характеризуется смертностью порядка 50% [1]. Несвоевременная коррекция объема циркулирующей крови и общего содержания воды в организме у пациентов с шоком сопровождается ухудшением органной функции и ростом летальности. В связи с этим пациентам с шоком необходимо внутривенное

ведение жидкости — инфузионная терапия¹. Ещё один важнейший метод лечения при шоке — инотропная и вазопрессорная поддержка, при которой используются препараты, усиливающие способность сердца сокращаться (инотропные свойства) и поддерживающие тонус сосудов организма (вазопрессорный эффект), что необходимо для поддержания артериального давления и эффективного кровоснабжения органов. Быстрое принятие решений об оптимальном объёме и составе инфузионной терапии, характере инотропной и вазопрессорной поддержки и параметрах искусственной вентиляции лёгких — одна из основных целей врача-реаниматолога на протяжении всего периода пребывания пациента в отделении интенсивной терапии [2, 3].

Инфузионная терапия играет важную роль на начальном этапе стабилизации состояния пациентов с сепсисом, травмой, кровопотерей, шоком

КИРОВ Михаил Юрьевич — член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой анестезиологии и реаниматологии СГМУ. КУЗЬКОВ Всеволод Владимирович — доктор медицинских наук, профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии СГМУ. ФОТ Евгения Владимировна — кандидат медицинских наук, доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии СГМУ. СМЁТКИН Алексей Анатольевич — кандидат медицинских наук, доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии СГМУ.

¹Инфузионная терапия восстанавливает объём и состав внеклеточной и внутриклеточной жидкостей с помощью парентерального (минуя желудочно-кишечный тракт) введения лекарственных растворов.

различного генеза [4, 5]. Важной предпосылкой её успеха выступает возможность увеличения сердечного выброса (количество крови, выбрасываемое правым или левым желудочком в единицу времени) и доставки кислорода. В то же время факторами, ограничивающими эффективность инфузионной терапии и нарушающими транспорт кислорода, становятся гемодилюция², ухудшение оксигенации и тканевой отёк на фоне дистрибутивного шока³ и синдрома системного воспаления, когда инфузионные среды быстро покидают сосудистое русло и попадают в интерстициальное (межклеточное) пространство, приводя к острому респираторному дистресс-синдрому (ОРДС)⁴ и другим осложнениям. В тех случаях, когда утечка жидкости принимает угрожающий жизни характер, говорят о синдроме глобального усиления проницаемости [6]. Примечательно, что спустя лишь сутки после госпитализации в отделение интенсивной терапии чувствительность к инфузии сохраняется менее чем у 50% пациентов [7]. Как следствие, у половины больных активное проведение дальнейшей инфузионной терапии становится нецелесообразным и даже опасным. В связи с этим крайне важен именно *персонализированный подход* к мониторингу и терапии критических состояний.

Подобный подход в настоящее время служит центральным звеном ведения пациентов реанимационного профиля. В рамках его изучения авторы исследовали и внедрили в рутинную клиническую практику комплекс диагностических инструментов, а также ряд лечебных стратегий. В частности, детально рассмотрены вопросы мониторинга систем дыхания, кровообращения и метаболизма на фоне различных критических состояний, фазовой инфузионной терапии у пациентов с сепсисом и септическим шоком, оптимизации респираторной поддержки как у пациентов после оперативных вмешательств высокого риска, так и у больных с ОРДС. На основе полученных данных были разработаны и валидированы в клинической практике алгоритмы персонализированной коррекции нарушений гемодинамики, газообмена, транспорта кислорода и органной функции.

²Искусственное увеличение объёма циркулирующей крови за счёт низкомолекулярных растворов и других инфузионных средств.

³Шок, обусловленный увеличением ёмкости сосудов. К этому виду шока относят анафилактический, нейрогенный и септический.

⁴ОРДС — остро возникающее диффузное воспалительное поражение паренхимы лёгких, развивающееся как неспецифическая реакция на различные повреждающие факторы и приводящее к формированию острой дыхательной недостаточности вследствие нарушения структуры лёгочной ткани и уменьшения массы аэрированной лёгочной ткани.

Большое внимание уделялось изучению метода транспульмональной термодилюции⁵ и оценке внесосудистой воды лёгких на фоне искусственной вентиляции лёгких. Несмотря на то, что искусственная вентиляция лёгких — самый распространённый метод протезирования внешнего дыхания, она не заменяет функцию лёгких, а лишь обеспечивает более оптимальные условия для обмена газами между организмом и окружающей средой. Более того, у некоторых категорий пациентов использование искусственной вентиляции лёгких может приводить к повреждению лёгочной ткани (механическое перерастяжение, полное спадение участков лёгких) и развитию вторичного отёка лёгких (вентилятор-индуцированный отёк). Это особенно актуально при операциях, сопровождающихся удалением поражённой заболеванием части лёгочной ткани. Авторы продемонстрировали, что метод изолированной транспульмональной термодилюции позволяет с высокой точностью измерить индекс внесосудистой воды лёгких на фоне вентилятор-индуцированного отёка единственного лёгкого [8]. Кроме того, у умерших пациентов с сепсис-индуцированным ОРДС и шоком наблюдается достоверное повышение индекса внесосудистой воды лёгких, тогда как у выживших содержание жидкости в лёгких снижается [9, 10].

Полученные данные легли в основу протоколов целенаправленной инфузионной терапии и дегидратации для различных категорий пациентов. Показано, что после хирургических вмешательств по поводу комбинированных пороков сердца алгоритм целенаправленной терапии, основанный на транспульмональной термодилюции, обеспечивает более стабильные показатели гемодинамики и транспорта кислорода и на 36% уменьшает продолжительность послеоперационной искусственной вентиляции лёгких по сравнению с коррекцией гемодинамики, проводимой по показателям термодилюции, которая осуществлялась с помощью катетеризации лёгочной артерии [11].

Исследуемые показатели также гармонично согласовываются с фазовым подходом к инфузионной терапии. Процесс фазового ведения пациентов в отделении интенсивной терапии требует надёжных диагностических критериев, позволяющих своевременно диагностировать переход от одной стадии к другой. При подборе инфузионной терапии в стадии реанимации (проявление признаков жизни без восстановления сознания) можно опираться на достаточно простые клинические параметры и показатели гемодинамики, тогда как с каждой последующей стадией процесс принятия решения становится всё более слож-

⁵Обеспечивает полную оценку гемодинамики по сердечному выбросу и другим показателям.

ным и требует использования большего количества различных диагностических инструментов. В качестве критериев для начала дересусцитации/дегидратации можно использовать положительный кумулятивный гидробаланс в комбинации со снижением показателя артериальной оксигенации $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 200$ мм рт. ст., повышением капиллярной утечки (индекс внесосудистой лёгочных сосудов > 2.5 и индекс внесосудистой воды лёгких (ИВСВЛ) > 12 мл/кг предсказанной массы тела), увеличением внутрибрюшного давления > 15 мм рт. ст. и снижением пульсового давления < 40 мм рт. ст. [12].

Важным фактором для выбора оптимального гидробаланса, отражающим гидратацию интерстиция малого круга кровообращения, служит ИВСВЛ [13]. Примечательно, что этот индекс взаимосвязан с внутричерепным и внутрибрюшным давлением, а также с функцией других органов и исходом. Так, в одном из исследований авторы продемонстрировали, что проведение целенаправленной дегидратационной терапии под контролем волуметрических показателей, в частности, внесосудистой воды лёгких, у пациентов с сепсисом и ОРДС сопровождается стабилизацией показателей гемодинамики и повышением артериальной оксигенации (показателя $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$), pH крови и актуального бикарбоната параллельно с уменьшением дефицита оснований [14]. Деэскалационная терапия сепсиса и острого респираторного дистресс-синдрома приводит к существенному снижению тяжести органной дисфункции по шкале последовательной оценки органной функции (SOFA), при этом количество пациентов, получающих вазопрессоры, уменьшается в 2 раза. Более того, деэскалационная терапия при ОРДС на фоне сепсиса под контролем внесосудистой воды лёгких более эффективно способствует разрешению артериальной гипоксемии, отёка лёгких, синдрома капиллярной утечки⁶ и острого повреждения почек, чем дегидратация с использованием в качестве основного ориентира глобального конечно-диастолического объёма [14].

Целесообразность оценки внесосудистой воды лёгких была доказана и в другом исследовании авторов, показавшем, что протокол дересусцитации под контролем ИВСВЛ ускоряет восстановление диуреза и сократительной функции миокарда у пациентов с острым повреждением почек и ОРДС. Более активное восстановление диуреза при проведении непрерывной вено-венозной гемодиализации под контролем ИВСВЛ может объясняться ускорением разрешения отёка паренхимы почек или, напротив, предупреждением

нецелесообразной дегидратации при подборе ультрафильтрации с учётом этого показателя. Значительное снижение объёма суточной ультрафильтрации может ассоциироваться с постепенным восстановлением суточного диуреза и уменьшением общего гидробаланса при статистически несущественных различиях в инфузионной нагрузке и общих потерях жидкости в период исследования [15].

Мониторинг внесосудистой воды лёгких не только лёг в основу алгоритмов инфузионной и дегидратационной терапии, но и позволил оценить целесообразность проведения манёвра рекрутмента альвеол⁷ с кратковременным повышением давления в дыхательных путях на фоне искусственной вентиляции лёгких у пациентов с острым респираторным дистресс-синдромом. Проведение данного манёвра сопровождалось увеличением показателя $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ у пациентов без отёка лёгких (ИВСВЛ < 10 мл/кг) и не приводило к улучшению оксигенации у пациентов с отёком лёгочной ткани [16, 17]. Таким образом, пациенты с ОРДС требуют персонализированного подхода в зависимости от степени выраженности гипоксемии. Это нашло отражение в современном алгоритме респираторной поддержки больных с ОРДС (рис. 1). Так, при наличии острого респираторного дистресс-синдрома лёгкой и умеренной степени тяжести можно ограничиться применением неинвазивной вентиляции лёгких или высокопоточной оксигенации, в то время как тяжёлый ОРДС практически всегда требует проведения инвазивной респираторной поддержки, в том числе с альвеолярным рекрутментом по показаниям.

Следующим этапом работы стало внедрение малоинвазивных методов мониторинга гемодинамики. В современной анестезиологии и интенсивной терапии именно снижение инвазивности мониторингового контроля без потери качества получаемой информации стало основным трендом последних десятилетий. Идеальная система гемодинамического мониторинга должна быть точной, обеспечивать воспроизводимые измерения, представлять интерпретируемые данные, быть лёгкой в использовании и независимой от оператора, иметь быстрый отклик на изменяющиеся гемодинамические условия, не оказывать негативного влияния на пациента, иметь приемлемую стоимость и достаточную информативность для проведения терапии [18]. На практике при выборе мониторинговой системы клиницист ориентируется на такие факторы, как инвазивность, наличие технических ограничений, точность, воспроизво-

⁶Характеризуется утечкой плазмы крови через стенки капилляров из системы кровообращения в окружающие ткани, мышцы, органы или полости тела.

⁷Преднамеренный динамический процесс временного повышения транспульмонального давления с целью открытия нестабильных безвоздушных (коллабированных) альвеол.

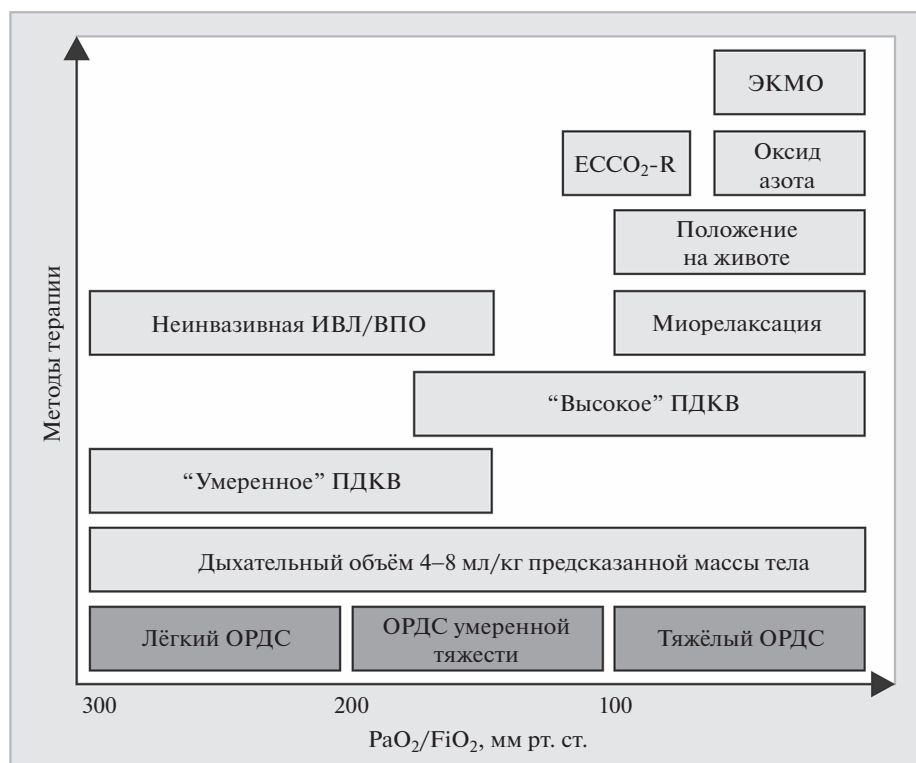


Рис. 1. Подбор опций респираторной поддержки в зависимости от тяжести ОРДС

ПДКВ — положительное давление в конце выдоха; ОРДС — острый респираторный дистресс-синдром; ПМТ — предсказанная масса тела; ВПО — высокопоточная оксигенация; ЭКМО — экстракорпоральная мембранная оксигенация

димостть данных, наличие дополнительных гемодинамических параметров и личный опыт.

Сердечный выброс — один из наиболее важных параметров гемодинамики в хирургии высокого риска. Традиционно он определяется с использованием методов препульмональной и транспульмональной термодилуции. Оба метода продемонстрировали достаточную точность и воспроизводимость и были неоднократно использованы в разных протоколах целенаправленной терапии [19]. В то же время термодилуционные методы инвазивны, не являются полностью независимыми от оператора и требуют повторного введения индикатора. Более того, при использовании термодилуции в ряде ситуаций риск осложнений может превышать пользу метода мониторинга [20].

В связи с этим были разработаны альтернативные, минимально инвазивные методы гемодинамического мониторинга, позволяющие непрерывно измерять ударный объём⁸ с последующим вычислением сердечного выброса. Кроме того, стало возможным измерение динамических показателей преднагрузки, которые используются

⁸Объём крови, выбрасываемый левым желудочком в аорту, правым — в лёгочную артерию.

в качестве ориентира при принятии решения о необходимости инфузионной нагрузки в алгоритмах целенаправленной терапии в периоперационном периоде⁹. В частности, в клиническую практику был введён новый метод мониторинга сердечного выброса ProAQT (Professional Arterial Flow Trending), основанный на анализе формы пульсовой волны без предварительной внешней калибровки термодилуцией. С помощью данной технологии можно определить не только сердечный индекс, но и ударный объём, индекс системного сосудистого сопротивления, вариабельность ударного объёма и пульсового давления. Авторы продемонстрировали, что при аортокоронарном шунтировании на работающем сердце сердечный индекс, определяемый по форме пульсовой волны, коррелирует со значениями сердечного индекса, измеряемого с помощью транспульмональной термодилуции ($\rho = 0.836$, $p < 0.001$), с небольшой средней разницей (-0.14 л/мин/м²) и приемлемым процентом ошибки (31%) [21]. При этом применение алгоритма целенаправлен-

⁹Периоперационный период — это время с момента принятия решения об операции до восстановления трудоспособности или её стойкой утраты. Включает в себя предоперационный, интраоперационный и послеоперационный периоды.

ной оптимизации гемодинамики, основанного на анализе формы пульсовой волны, при обширных абдоминальных вмешательствах снижает общую частоту осложнений на 27%, а частоту инфекционных осложнений вдвое [22].

Большое внимание уделялось изучению различных динамических показателей и тестов, необходимых для выявления пациентов, чувствительных к инфузионной терапии. В настоящее время, согласно рекомендациям рабочей группы экспертов Европейского общества интенсивной терапии, для оценки чувствительности к инфузионной нагрузке у пациентов с шоком было предложено использовать динамический (или функциональный) подход к гемодинамическому мониторингу. Он позволяет выявить группы пациентов, реагирующих (респондеры) и не реагирующих (нереспондеры) на инфузионную терапию [23, 24]. Большинство авторов считает, что пациенты находятся в группе респондеров, если после пробной инфузии или на фоне функциональной пробы происходит повышение сердечного выброса или ударного объёма на величину ≥ 10 –15% от исходных значений [25].

Для оценки кардиореспираторных взаимодействий в клинической практике могут применяться такие показатели как вариабельность систолического давления, ударного объёма, пульсового давления, индекс динамической артериальной эластичности, индекс растяжимости нижней полой или яремной вен, индекс коллабироваия верхней полой вены, окклюзионный тест в конце выдоха, тесты с повышением положительного давления в конце выдоха и дыхательного объёма [26]. При этом существуют как необратимые тесты со стандартной или минимальной инфузионной нагрузкой, так и обратимые — тест с пассивным подъёмом ног пациента или временным повышением положительного давления в конце выдоха [25–27]. Тем не менее эти тесты требуют валидации у различных категорий больных.

Тесты с пассивным подъёмом ног пациента и повышением положительного давления в конце выдоха при искусственной вентиляции лёгких на фоне септического шока позволяют прогнозировать последующее увеличение сердечного выброса на инфузионную нагрузку, что даёт возможность идентифицировать группу больных, восприимчивых к инфузионной терапии [28]. При исследовании динамических тестов у пациентов кардиохирургического профиля в раннем послеоперационном периоде было доказано, что снижение среднего артериального давления в ходе теста с положительным давлением в конце выдоха более чем на 5 мм рт. ст. помогает выявить чувствительных к инфузионной нагрузке пациентов (AUC 0.73, $p = 0.03$). В ходе теста с минимальной инфузионной нагрузкой в качестве ориентира

восприимчивости к инфузии можно использовать снижение вариабельности ударного объёма и пульсового давления более чем на 2% (AUC 0.75 и 0.77, $p < 0.05$). При стандартном тесте с инфузионной нагрузкой выявить чувствительность к инфузионной терапии позволяли изолированная оценка вариабельности ударного объёма (AUC 0.77), пульсового давления (AUC 0.84) и применение неинвазивного показателя сердечно-лёгочных взаимодействий (AUC 0.77, $p < 0.05$) [29].

На следующем этапе рассматривалось влияние различных вариантов манёвра рекрутмента альвеол на длительность послеоперационной искусственной вентиляции лёгких у пациентов после ревааскуляризации миокарда на работающем сердце. Проведение манёвра после аортокоронарного шунтирования на работающем сердце сопровождается улучшением показателей оксигенации и механики дыхания. Более того, оптимизация функции дыхания путём использования варианта рекрутмента альвеол с подъёмом положительного давления в конце выдоха до 15 см вод. ст. на протяжении 5 мин позволяет уменьшить длительность послеоперационной искусственной вентиляции лёгких на 34% [30, 31].

Следует отметить *протоколизованный подход* к прекращению респираторной поддержки. Процесс прекращения респираторной поддержки после оперативных вмешательств может занимать длительное время и требует повышенного внимания со стороны медицинского персонала. В настоящее время существует ряд стратегий по сокращению длительности респираторной поддержки и самого процесса отлучения от искусственной вентиляции лёгких. Одно из таких направлений — использование протоколов отлучения от искусственной вентиляции лёгких. Однако разработка протокола — весьма трудоёмкий процесс. Кроме того, могут возникать трудности с внедрением и воспроизведением протокола в конкретном учреждении, а также с его соблюдением всеми сотрудниками отделения [32]. Для решения этих проблем в практику всё активнее внедряются компьютеризированные протоколы, позволяющие облегчить процесс прекращения респираторной поддержки как у взрослых, так и у детей [33]. Аналогом подобных компьютеризированных протоколов выступают автоматизированные режимы отлучения от искусственной вентиляции лёгких.

В рамках проведённых исследований доказано, что применение протокол-ориентированных алгоритмов отлучения от вентиляции в послеоперационном периоде позволяет сократить её продолжительность в сравнении с подходом прекращения респираторной поддержки, основанным на опыте врача-реаниматолога. Использование методики автоматизированного отлучения от искусственной вентиляции лёгких у пациентов по-

сле коронарного шунтирования на работающем сердце повышает безопасность вентиляции, значительно снижает нагрузку на медицинский персонал и не увеличивает длительность респираторной поддержки в послеоперационном периоде [34].

Автоматизированное отлучение стало возможным благодаря режиму искусственной вентиляции лёгких, в основе которого лежит принцип минимальной работы дыхания Отиса. Режим позволяет обеспечить необходимую минутную вентиляцию лёгких с учётом установленного целевого значения углекислого газа в выдыхаемом воздухе, а также подобрать необходимый уровень положительного давления в конце выдоха и фракцию вдыхаемого кислорода на основе целевого уровня насыщения кислородом артериальной крови. В ходе искусственной вентиляции лёгких выполняется непрерывная автоматическая коррекция параметров вентиляции от вдоха к вдоху для поддержания оптимального респираторного паттерна. Кроме того, режим обладает функцией быстрого отлучения, представляющей, по сути, готовый протокол прекращения респираторной поддержки. Авторы впервые в России доказали эффективность и безопасность этого режима, а также одними из первых в мире продемонстрировали возможность его применения у пациентов кардиохирургического профиля.

В ходе изучения различных лабораторных показателей установлено, что при хирургической коррекции комплексной патологии клапанов сердца повышение вено-артериального градиента по парциальному давлению углекислого газа более 6 мм рт. ст. взаимосвязано с изменениями венозной сатурации и указывает на тканевую гипоперфузию, что требует комплексной оценки метаболизма и транспорта кислорода и своевременной коррекции выявленных нарушений [35]. При оценке ещё одного лабораторного метода — внутрисосудистого микродиализа — выявлено, что данная инновационная технология позволяет с приемлемой точностью непрерывно мониторировать концентрацию лактата и глюкозы в центральной вене при комплексных кардиохирургических вмешательствах высокого риска и своевременно диагностировать изменения этих показателей в периоперационном периоде [36].

Большое внимание уделено системе эндотелиального гликокаликса, представляющего собой важную часть сосудистой барьеры. Гликокаликс — гелеобразная структура, расположенная между потоком крови и эндотелиальными клетками сосудистой стенки. Сепсис и септический шок ассоциируются с тяжёлым повреждением эндотелиальной системы и деградацией эндотелиального гликокаликса, что приводит к нарушениям регуляции гомеостаза и проницаемости сосудистой стенки, вызывая повреждение микроцирку-

ляторного русла. При сепсисе повреждённый слой эндотелиального гликокаликса истончается, что влечёт за собой выход белков (альбумина) и жидкости через сосудистую стенку в интерстициальное пространство. В дальнейшем это приводит к снижению объёма циркулирующей крови (гиповолемия), уменьшению концентрации альбумина и ряда других белков в плазме крови (гипоальбуминемия) и отёку тканей. Повреждение эндотелиального гликокаликса при септическом шоке, искусственном кровообращении и в других критических состояниях вызывает капиллярную утечку и взаимосвязано с целым рядом гемодинамических и метаболических нарушений. Известно, что агрессивная инфузионная терапия может усиливать деградацию гликокаликса. При этом некоторые маркеры деградации гликокаликса, такие как концентрация в плазме крови синдекана-1 или гепарансульфата, могут использоваться в качестве индикаторов эндотелиальной дисфункции и определять текущую тактику инфузионной терапии, особенно при сепсисе и септическом шоке [37].

Представленные результаты многочисленных клинических исследований легли в основу персонифицированного подхода к мониторингу и терапии критических состояний, который нашёл отражение в современных рекомендациях и руководствах [2, 38–43]. Как нам представляется, в качестве основных задач здесь следует определить дальнейшее усовершенствование диагностических инструментов и терапевтических подходов, обучение врачей-анестезиологов-реаниматологов инновационным стратегиям, а также целенаправленное внедрение последних в рутинную клиническую практику. В настоящее время имеющиеся данные указывают на необходимость подбора темпа и объёма волемической терапии, а также типа инотропной и вазопрессорной поддержки с учётом преморбидного фона¹⁰ и исходной тяжести состояния пациента. Более того, следует учитывать фазу течения критического состояния, а также индивидуальные клинико-лабораторные характеристики пациента, в том числе показатели волюметрического мониторинга, динамические тесты и современные маркеры органной дисфункции и тканевой гипоперфузии.

Таким образом, персонифицированный подход к ведению критических состояний и периоперационного периода изменяет диагностическую и лечебную тактику, позволяет достоверно улучшить клинические исходы, сокращая время искусственной вентиляции лёгких, госпитализации

¹⁰ Промежуточная стадия между здоровьем и болезнью, для которой характерны повышенная вероятность развития заболевания с накоплением дезадаптационных (нарушающих физиологическую адаптацию) изменений в организме в сочетании с мобилизацией его защитных реакций.

в отделении интенсивной терапии и стационаре, количество осложнений и летальных исходов, и является одним из перспективных направлений современной медицины.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование частично выполнено за счёт гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научной школы Российской Федерации НШ-3927.2018.7.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Evans L., Rhodes A., Alhazzani W. et al.* Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021 // *Intensive Care Med.* 2021. V. 47 (11). P. 1181–1247.
2. *Ерёменко А.А.* Особенности интенсивной терапии в кардиохирургии. Интенсивная терапия (национальное руководство). Т. 1 / Под ред. И.Б. Заболотских, Д.Н. Проценко. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. С. 1113–1130.
3. *Bellani G., Laffey J.G., Pham T. et al.* Epidemiology, Patterns of Care, and Mortality for Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome in Intensive Care Units in 50 Countries // *JAMA.* 2016. V. 315 (8). P. 788–800.
4. *Багненко С.Ф., Ермолов А.С., Стожаров В.В. и др.* Основные принципы диагностики и лечения тяжёлой сочетанной травмы // *Скорая медицинская помощь.* 2008. № 3. С. 3–10.
5. *Cinel I., Kasapoglu U.S., Gul F. et al.* The initial resuscitation of septic shock // *J. Crit. Care.* 2020. V. 57. P. 108–117.
6. *Malbrain M.L., Marik P.E., Witters I. et al.* Fluid overload, de-resuscitation, and outcomes in critically ill or injured patients: a systematic review with suggestions for clinical practice // *Anaesthesiol. Intensive Ther.* 2014. V. 46 (5). P. 361–380.
7. *Marik P.E., Monnet X., Teboul J.L.* Hemodynamic parameters to guide fluid therapy // *Ann. Intensive Care.* 2011. V. 1 (1). P. 1–9.
8. *Кузьков В.В., Суборов Е.В., Куклин В.Н. и др.* Динамика внесосудистой воды лёгких после пневмомонэктомии по данным транспульмональной термодилуции // *Общая реаниматология.* 2006. № 4. С. 34–41.
9. *Суборов Е.В., Кузьков В.В., Сметкин А.А. и др.* Гемодинамика у больных с септическим шоком и острым повреждением лёгких // *Анестезиология и реаниматология.* 2006. № 6. С. 15–20.
10. *Gavelli F., Shi R., Teboul J.L. et al.* Extravascular lung water levels are associated with mortality: a systematic review and meta-analysis // *Crit. Care.* 2022. V. 26 (1). Article number 202. P. 1–11.
11. *Lenkin A.I., Kirov M.Y., Kuzkov V.V. et al.* Comparison of goal-directed hemodynamic optimization using pulmonary artery catheter and transpulmonary thermomodulation in combined valve repair: a randomized clinical trial // *Crit. Care Res. Pract.* 2012. № 2012.
12. *Malbrain M.L., Roberts D.J., Surgue M. et al.* The poly-compartment syndrome: a concise state-of-the-art review // *Anaesthesiol. Intensive Ther.* 2014. V. 46 (5). P. 433–450.
13. *Кузьков В.В., Киров М.Ю.* Инвазивный мониторинг гемодинамики в интенсивной терапии и анестезиологии. Архангельск: СГМУ, 2015.
14. *Хромачёва Н.О., Фот Е.В., Кузьков В.В. и др.* Целенаправленная дегидратационная терапия при сепсисе и остром респираторном дистресс-синдроме под контролем воллюметрического мониторинга гемодинамики // *Вестник анестезиологии и реаниматологии.* 2019. № 16. С. 6–15.
15. *Низовцев Н.В., Кузьков В.В., Плотникова Е.В. и др.* Целенаправленная непрерывная веновенозная гемодиализация при системном воспалительном ответе и остром повреждении почек // *Вестник анестезиологии и реаниматологии.* 2012. № 1. С. 40–47.
16. *Кузьков В.В., Сметкин А.А., Суборов Е.В. и др.* Внесосудистая вода лёгких и рекрутмент альвеол у пациентов с острым респираторным дистресс-синдромом // *Вестник анестезиологии и реаниматологии.* 2012. № 2. С. 15–21.
17. *Smetkin A.A., Kuzkov V.V., Suborov E.V. et al.* Increased extravascular lung water reduces the efficacy of alveolar recruitment maneuver in acute respiratory distress syndrome // *Critical Care Research and Practice.* 2012. № 2012.
18. *Vincent J.L., Rhodes A., Perel A. et al.* Clinical review: Update on hemodynamic monitoring – a consensus of 16 // *Crit. Care.* 2011. V. 15 (4). P. 229.
19. *Alhashemi J.A., Cecconi M., della Rocca G. et al.* Minimally invasive monitoring of cardiac output in the cardiac surgery intensive care unit // *Curr. Heart Fail. Rep.* 2010. V. 7 (3). P. 116–124.
20. *Stewart R.M., Park P.K., Hunt J.P. et al.* Less is more: improved outcomes in surgical patients with conservative fluid administration and central venous catheter monitoring // *J. Am. Coll. Surg.* 2009. V. 208 (5). P. 725–735.
21. *Smetkin A., Hussain A., Kuzkov V. et al.* Validation of cardiac output monitoring based on uncalibrated pulse contour analysis vs transpulmonary thermomodulation during off-pump coronary artery bypass grafting // *Br. J. Anaesth.* 2014. V. 112 (6). P. 1024–1031.
22. *Salzwedel C., Puig J., Carstens A. et al.* Perioperative goal-directed hemodynamic therapy based on radial arterial pulse pressure variation and continuous cardiac index trending reduces postoperative complications after major abdominal surgery: a multi-center, prospective, randomized study // *Critical Care.* 2013. № 5. R191.
23. *Cavallaro F., Sandroni C., Antonelli M.* Functional hemodynamic monitoring and dynamic indices of fluid responsiveness // *Minerva Anesthesiol.* 2008. V. 74. P. 123–135.
24. *Monnet X., Teboul J.-L.* Assessment of volume responsiveness during mechanical ventilation: recent advances // *Crit. Care.* 2013. V. 17 (2). P. 217.

25. Donati A., Carsetti A., Damiani E. et al. Fluid responsiveness in critically ill patients // *Indian J. Crit. Care Med.* 2015. V. 19. P. 375–376.
26. Rhodes A., Laura E., Evans L.E. et al. Surviving Sepsis Campaign: International Guidelines for Management of Sepsis and Septic Shock: 2016 // *Intensive Care Med.* 2017. V. 43 (3). P. 304–377.
27. Carsetti A., Cecconi M., Rhodes A. Fluid bolus therapy: monitoring and predicting fluid responsiveness // *Curr. Opin. Crit. Care.* 2015. V. 21 (5). P. 388–394.
28. Ильина Я.Ю., Кузьков В.В., Фот Е.В. и др. Прогнозирование ответа на инфузионную нагрузку: современные подходы и перспективы // *Вестник анестезиологии и реаниматологии.* 2017. Т. 14 (3). С. 25–34.
29. Fot E.V., Izotova N.N., Smetkin A.A. et al. Invasive and Non-invasive Dynamic Parameters to Predict Fluid Responsiveness After Off-pump Coronary Surgery // *Turk. J. Anaesthesiol. Reanim.* 2022. V. 50 (1). P. 59–64.
30. Fot E.V., Kuzkov V.V., Gaidukov K.M. et al. Efficacy and safety of three alveolar recruitment maneuvers after off-pump coronary artery bypass grafting // *Jacobs Journal of Anesthesiology and Research.* 2014. V. 1 (1). P. 005.
31. Фот Е.В., Кузьков В.В., Гайдуков К.М. и др. Эффективность и безопасность различных вариантов манёвра рекрутмента альвеол после аортокоронарного шунтирования на работающем сердце // *Клиническая анестезиология и интенсивная терапия* 2016. Т. 1 (7). С. 4–16.
32. Ely E.W., Bennett P.A., Bowton D.L. et al. Large scale implementation of a respiratory therapist-driven protocol for ventilator weaning // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1999. V. 159. P. 439–446.
33. Burns K.E., Lellouche F., Nisenbaum R. et al. Automated weaning and SBT systems versus non-automated weaning strategies for weaning time in invasively ventilated critically ill adults // *Cochrane Database Syst. Rev.* 2014. V. 9. CD008638.
34. Fot E.V., Izotova N.N., Yudina A.S. et al. Automated Weaning from Mechanical Ventilation after Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting // *Front Med. (Lausanne).* 2017. V. 4. Article 00031.
35. Гайдуков К.М., Лёнькин А.И., Кузьков В.В. и др. насыщение кислородом гемоглобина центральной венозной крови и венозно-артериальный градиент PCO_2 после комбинированных операций на клапанах сердца // *Анестезиология и реаниматология.* 2011. № 3. С. 19–21.
36. Lenkin P.I., Smetkin A.A., Hussain A. et al. Continuous monitoring of lactate using intravascular microdialysis in high-risk cardiac surgery: a prospective observational study // *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2017. V. 31. P. 37–44.
37. Ilyina Y., Fot E., Kuzkov V. et al. The Glycocalyx Shedding Influences Hemodynamic and Metabolic Response to Fluid Load in Septic Shock // *Turk. J. Anaesthesiol. Reanim.* 2022. V. 50 (2). P. 94–100.
38. Киров М.Ю., Кузьков В.В. Интенсивная терапия сепсиса и септического шока. Интенсивная терапия (национальное руководство). Т. 2 / Под ред. И.Б. Заболотских, Д.Н. Проценко. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. С. 393–408.
39. Заболотских И.Б., Киров М.Ю., Лебединский К.М. и др. Анестезиолого-реанимационное обеспечение пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19. Методические рекомендации Общероссийской общественной организации “Федерация анестезиологов и реаниматологов” // *Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова.* 2021. S2. С. 9–145.
40. Ярошецкий А.И., Власенко А.В., Грицан А.И. и др. Применение неинвазивной вентиляции лёгких (второй пересмотр). Клинические рекомендации Общероссийской общественной организации “Федерация анестезиологов и реаниматологов” // *Анестезиология и реаниматология.* 2019. № 6. С. 5–19.
41. Ярошецкий А.И., Грицан А.И., Авдеев С.Н. и др. Диагностика и интенсивная терапия острого респираторного дистресс-синдрома. Клинические рекомендации Общероссийской общественной организации “Федерация анестезиологов и реаниматологов” // *Анестезиология и реаниматология.* 2020. № 2. С. 5–39.
42. Авдеев С.Н., Адамян Л.В., Алексеева Е.И. и др. Временные методические рекомендации Министерства здравоохранения РФ “Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)”. Версия 11 от 07.05.2021 г.
43. Advanced Hemodynamic Monitoring: Basics and New Horizons / Ed. by M. Kirov, V. Kuzkov, B. Saugel. Springer, Cham, 2021.

ЭТЮДЫ ОБ УЧЁНЫХ

**“НАУКА ДЫШИТ ЛИШЬ ОДНИМ ВОЗДУХОМ –
КИСЛОРОДОМ ФАКТОВ”**

К 120-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА В.В. ПАРИНА

© 2023 г. О. И. Орлов^{а,*}, А. Р. Куссмауль^{а,**}, М. С. Белаковский^{а,***}

*^аГосударственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН,
Москва, Россия*

**E-mail: orlov@imbp.ru*

***E-mail: kussmaul@imbp.ru*

****E-mail: info@imbp.ru*

Поступила в редакцию 08.02.2023 г.

После доработки 10.02.2023 г.

Принята к публикации 14.02.2023 г.

18 марта 2023 г. исполняется 120 лет со дня рождения академика АН СССР и академика АМН СССР Василия Васильевича Парина (1903–1971), выдающегося учёного, одного из основоположников космической физиологии и медицины, внёсшего большой вклад в физиологию кровообращения, космическую кардиологию, медицинскую кибернетику, а в области практической космонавтики – в медицинское обеспечение первых полётов человека в космос. Значительны его достижения и как организатора медицинской науки, отечественного здравоохранения, высшего медицинского образования. Бережное сохранение и дополнение накопленных предшественниками опыта и знаний, реализация новаторских идей и передача научного наследия ученикам и последователям – такой видел связь между поколениями учёных академик В.В. Парин. В истории мировой науки его имя по праву присутствует не только благодаря пионерным исследовательским работам, но и демонстрации на протяжении всей жизни гуманности, самоотверженности, преданности духовным и нравственным ценностям.

Ключевые слова: космическая физиология, медицинская кибернетика, космическая кардиология, мемориальный музей-кабинет.

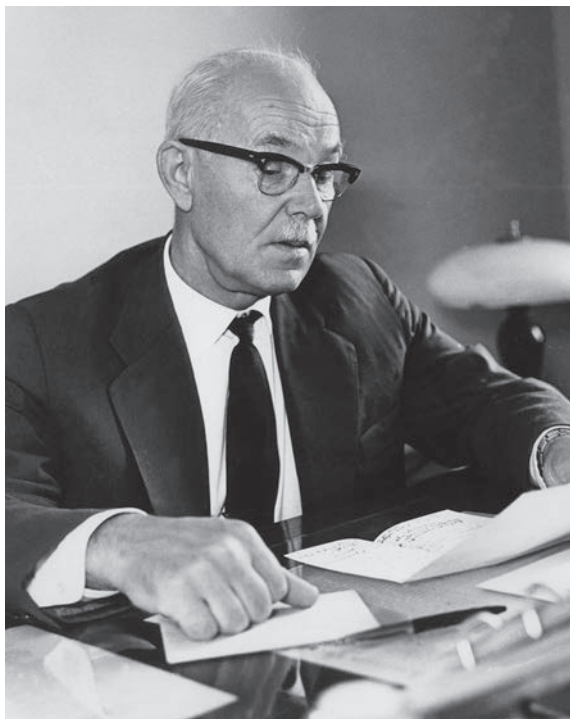
DOI: 10.31857/S086958732303009X, EDN: SIJFGG

Будущий академик АН СССР и АМН СССР Василий Васильевич Парин родился в Казани 18 марта 1903 г. Его отец, Василий Николаевич, выходец из села Сюмси Малмыжского уезда Вятской губернии, был человеком незаурядных способностей, талантливым хирургом. Во время Первой мировой войны участвовал в организации военных госпиталей, а в годы Великой Отечественной войны в звании генерал-майора медицинской службы руководил лечением раненых в эвакуационных госпиталях. Мать, Нонна Ивановна, дочь

известного в Поволжье педагога М.И. Петяева, окончила Высшие женские курсы по специальности “филология”. Родители уделяли много внимания воспитанию сыновей (в 1904 г. в семье родился ещё один сын, Борис, впоследствии ставший известным в Советском Союзе хирургом-травматологом, доктором медицинских наук). Нонна Ивановна, добрая и отзывчивая женщина, обеспечила детям прекрасное гуманитарное образование (достаточно упомянуть, что, например, старший, Василий, знал пять языков). В семье царил культ знаний, культ науки, прививалась готовность к самоотверженному служению людям.

Василий вначале пошёл по стопам отца, поступив в 1920 г. на медицинский факультет Казанского университета и переведясь в 1921 г. в Пермский университет, но любовь к физиологии победила, и именно эта наука стала делом всей его жизни. Студента 2-го курса В.В. Парина зачислили сотрудником кафедры физиологии – вначале

ОРЛОВ Олег Игоревич – академик РАН, директор ГНЦ РФ – ИМБП РАН. КУССМАУЛЬ Анна Рейнгольдовна – кандидат биологических наук, заместитель заведующего отделом внедрения, реализации и пропаганды научных достижений ГНЦ РФ – ИМБП РАН. БЕЛАКОВСКИЙ Марк Самуилович – кандидат медицинских наук, заведующий отделом внедрения, реализации и пропаганды научных достижений ГНЦ РФ – ИМБП РАН.



Василий Васильевич Парин. 1960-е годы. Фото из архива ИМБП РАН

препаратором, а затем и ассистентом, занимающимся со студентами. Руководил кафедрой известный физиолог, ученик И.М. Сеченова профессор Б.Ф. Вериго. Первую экспериментальную работу Парин выполнил уже в 1922 г.

По окончании Пермского университета в 1925 г. Парин вернулся в Казанский университет и поступил в трёхлетнюю аспирантуру, которой руководил талантливый физиолог А.Ф. Самойлов, ранее работавший в лабораториях И.П. Павлова и И.М. Сеченова. А.Ф. Самойлов — один из основоположников отечественной электрокардиографии, его лаборатория долгое время оставалась единственным в стране местом обучения новому методу диагностики. “Сюда, как паломники в Мекку, — отмечал позднее Парин, — съезжались со всей России физиологи” [1, с. 248]. Василий Васильевич всегда с теплотой вспоминал этих двух своих учителей, многое из их подходов к научной деятельности, к работе с учениками и последователями он впитал и использовал на протяжении жизни.

С 1928 г. Парин начинает работать самостоятельно — вначале на кафедре нормальной физиологии Пермского университета, затем в должности декана и заведующего кафедрой физиологии биологического факультета Пермского педагогического института. В 1933 г. он переходит в Свердловский медицинский институт на должность заведующего кафедрой нормальной физиологии и декана, в 1934 г. становится заместителем директора, а в 1940-м — директором института.

В эти годы В.В. Парин активно работает над докторской диссертацией и в ходе исследований совершает мировое открытие — устанавливает природу рефлекса, регулирующего работу малого круга кровообращения, который позднее будет назван “рефлексом Парина” [2].

После блестящей защиты диссертации в январе 1941 г. в I Московском медицинском институте Парина назначают заведующим кафедрой нормальной физиологии и директором этого института, и он с семьёй переезжает в Москву. В начале 1942 г., то есть спустя полгода после начала Великой Отечественной войны, В.В. Парин назначается заместителем Народного комиссара здравоохранения СССР. В этой должности ему удалось фактически реформировать систему высшего медицинского образования в соответствии с задачами военного времени и необходимостью интенсифицировать подготовку врачей для фронта. Кроме того, Парин занимался организацией в стране противоэпидемиологической службы и эвакуацией медицинских учреждений Северного Кавказа. Отсутствие массовых эпидемий в то время в тылу и на фронте — заслуга в том числе и лично Парина. Накопленный опыт пригодился Василию Васильевичу позднее в работе по координации борьбы с эпидемиями в среднеазиатских республиках — Казахстане, Узбекистане и Таджикистане.

В 1943–1944 гг. В.В. Парин вместе с выдающимся нейрохирургом академиком АН СССР Н.Н. Бурденко проводит основную работу по учреждению и организации Академии медицинских наук СССР, разработке её устава, штатов, формированию структуры. Знание языков помогло Василию Васильевичу изучить основополагающие документы медицинских ассоциаций и академий разных стран. Структура АМН СССР, предложенная Париным, отражала основные разделы медицины и включала медико-биологическое (физиология, биохимия, фармакология, морфология, патология); клиническое (терапия, хирургия, педиатрия, акушерство и гинекология, невропатология и психиатрия); санитарно-профилактическое (гигиена, микробиология и эпидемиология) отделения. Сразу после создания академии Парин был утверждён её действительным членом и избран её первым учёным секретарём.

Его размышления о роли АМН СССР свидетельствуют о глубоком погружении в дело организации медицинской науки, которому он отдал не меньше сил, чем научным исследованиям. “У нас есть много талантливых творческих учёных, мы богаты творческими идеями и замыслами. Необходимо, чтобы этим учёным была обеспечена возможность широко развернуть работу. Это — святая обязанность руководителей здравоохранения, и эта забота, несомненно, окупится сторицей, так как наши учёные живут одной жизнью со всей нашей Родиной”, — подчёркивал он в



В.В. Парин в лаборатории А.Ф. Самойлова. Казань. 1929 г. Фото из архива ИМБП РАН

своём выступлении на Всесоюзном совещании руководящих работников Министерства здравоохранения СССР в 1946 г. [3, с. 103].

После окончания войны В.В. Парин вместе с коллегами начинает представлять советскую науку на международной арене. С октября 1946 по январь 1947 г. он в составе делегации советских учёных-медиков находился в поездке по США. В течение четырёх месяцев он знакомился с работой медицинских, научных, лечебных и учебных учреждений в Нью-Йорке, Вашингтоне, Бостоне, Чикаго, Сан-Франциско, Филадельфии и других городах, выступал с докладами о собственных экспериментальных исследованиях, рассказывал о достижениях медицины в Советском Союзе. В ходе поездки он продемонстрировал отечественный препарат, который, как предполагалось, мог быть использован в терапии онкологических заболеваний.

Однако вскоре после возвращения из этой поездки, в ночь с 17 на 18 февраля 1947 г., учёный был незаслуженно арестован и осуждён якобы за шпионаж (по информации из его автобиографии — “за разглашение государственной тайны и за утрату документов, содержащих государственную тайну” [3, с. 64]). Изначальный приговор — 25 лет норийских лагерей с конфискацией имущества, в действительности он провёл шесть лет во Владимирском центре. Несмотря на тяжёлое моральное и физическое испытание, и в заключении Василий Васильевич сохранял тягу к творчеству и силу духа — писал лирические стихи, сатирические заметки. В рукописном труде “Новый Плутарх”¹ (он написан совместно с другими

заключёнными камеры № 49 поэтом Д.Л. Андреевым и историком Л.Л. Раковым) создана галерея гротескных персонажей — своего рода пародия на советские энциклопедии.

В октябре 1953 г. Парин был освобождён по амнистии со снятием судимости и вернулся к семье, позднее полностью реабилитирован (справка Военной коллегии Верховного Суда Союза ССР от 13 апреля 1955 г. № 4Р-04205/53), восстановлен в Академии медицинских наук, вторично избран учёным секретарём и продолжил организаторскую работу.

В 1954 г. Василий Васильевич возглавил лабораторию патологической физиологии Института терапии АМН СССР, а с 1960 г. — Институт нормальной и патологической физиологии АМН СССР. В этот период сферой его деятельности стала профилактическая кардиология. Кроме того, он начал активно заниматься внедрением в физиологию и медицину передовых радиоэлектронных методов исследования для контроля состояния организма. Парин стал одним из основоположников медицинской кибернетики. Вместе с Р.М. Баевским они сформулировали ряд стоящих перед этой областью теоретических и практических задач [4, 5].

В 1957 г. В.В. Парин привлекается в качестве консультанта-физиолога к изучению влияния факторов космического полёта на организм собаки. С этого момента его деятельность неразрывно связана с новым направлением науки — космической биологией и медициной. В 1966 г. с учётом его научных достижений он был избран действительным членом АН СССР, заместителем академика-секретаря Отделения физиологии АН СССР. Кстати, в том же году под руководством академика-

¹ Спустя 20 лет после смерти учёного книга была выпущена тиражом 65000 экз., один из которых передан его дочери в ИМБП РАН.



Ю.А. Гагарин и В.В. Парин во время телевизионного интервью. 1962 г.

ка Парина был осуществлён эксперимент, в ходе которого собаки Ветерок и Уголёк провели в космическом полёте 22 дня и благополучно вернулись на землю (на тот момент это был самый длительный полёт живых существ в космос).

В.В. Парин участвовал в решении всех крупных проблем пилотируемой космонавтики, сначала представляя руководство АМН СССР как член президиума академии, а с 1963 по 1966 г. как её вице-президент, затем как директор Института медико-биологических проблем (1965–1968), созданного для решения задач пилотируемого освоения космоса. Он внёс неоценимый вклад в подготовку пилотируемых полётов: принимал участие в физиологическом обследовании космонавтов, разработке тренировок и испытаний с целью исследования функционирования различных систем организма перед полётом. Парин был одним из тех, кто лично провожал Юрия Гагарина до космического корабля. Позднее он неоднократно признавал, что уже ради одной причастности к первому космическому полёту человека стоило прожить жизнь [1, 6]. Учёный также принимал участие в подготовке полётов Г.С. Титова, А.Г. Николаева, П.Р. Поповича, В.Ф. Быковского, В.В. Терешковой.

Парин стал одним из основоположников космической кардиологии, обобщив ряд вопросов, связанных с влиянием факторов космического полёта на систему кровообращения [7]. Значима его роль в развитии таких научных направлений, как космическая физиология, фармакология, радиобиология, психология. Под его руководством проводи-

лись исследования проблем напряжения миокарда и функционального резерва сердца, гиперфункции миокарда и недостаточности сердца, механизмов аритмий, водно-солевого обмена, влияния гипокинезии и факторов космического полёта на организм человека, адаптации к стрессам [8].

Парин выделял три группы факторов, оказывающих влияние на организм человека или животного в космическом полёте: 1) характеризующие космическое пространство как своеобразную среду обитания (ионизирующее излучение, метеориты, вакуум); 2) связанные с динамикой полёта (невесомость, ускорение, вибрации); 3) обусловленные длительным пребыванием в искусственной среде герметических кабин малого объёма (изоляция, адинамия, эмоциональное напряжение, особенности микроклимата) [9, с. 5]. Важную роль он отводил прогнозированию в космической медицине. Прогноз здоровья космонавта по мысли Парина — это обнаружение скрытых отклонений в работе системы управления физиологическими процессами до того, как они приведут к видимым изменениям контролируемых процессов. По его мнению, эта проблема должна решаться на всех этапах космического полёта [10, с. 102, 192].

Учёный был страстно увлечён своей деятельностью в области космической физиологии и медицины и всегда подчёркивал значимость этого направления исследований, считая при этом необходимым условием его развития — прогресс земной медицины [9]. Под руководством Парина был проведён ряд комплексных наземных экспериментов по моделированию действия факторов



В.В. Парин среди сотрудников лаборатории космической физиологии и экспериментальной кардиологии ИМБП. 1965 г. *Фото из архива ИМБП РАН*

космического полёта на организм человека, в первую очередь, это 120-суточный эксперимент по гипокинезии и годовой медико-технический эксперимент.

Такие уникальные качества академика Парина, как способность к интеграции близких направлений науки, глубокие познания в отраслях, находящихся на стыке этих направлений, высокая культура общения позволили ему успешно выступать и в роли популяризатора научных знаний. Он был председателем Совета по пропаганде медицинских знаний при правлении Московского общества “Знание”, подготовил большое количество статей для научно-популярных изданий не только о своей области науки, но и об известных учёных-физиологах, его работы отмечались наградами. Он представлял советскую космическую медицину на международных площадках, неоднократно возглавлял советские делегации на международных научных форумах и конгрессах.

В 1967 г. В.В. Парин стал инициатором создания и первым главным редактором журнала “Космическая биология и медицина” (позднее получил название “Авиакосмическая и экологическая медицина”). Он входил в редакционную коллегию серии “Научно-популярная литература” АН СССР, журналов “Вестник АМН СССР”, “Наука и жизнь”, “Природа” и др., возглавлял редакцию журнала “Успехи физиологических наук”. Кроме того, он состоял членом редакционной коллегии советско-американского труда “Основы космической биологии и медицины”, в котором была систематизирована вся имевшаяся

на тот момент информация в этой области знания. За несколько месяцев до смерти, в феврале 1971 г., Парин вместе с академиком О.Г. Газенко работал в Вашингтоне над этим трудом.

Характеристика, подготовленная Институтом медико-биологических проблем для представления учёного в действительные члены Академии наук СССР, гласила: “Отличительные черты Парина В.В. — это безраздельно самоотверженное служение Советской Родине и науке, высокая принципиальность в сочетании с исключительной скромностью, простотой и отзывчивостью” [3, с. 173]. По воспоминаниям коллег, Василий Васильевич был жизнерадостным, искренним, деликатным человеком, полным светлых надежд и идей [3, 11, 12]. Наряду с несомненным талантом организатора эти качества притягивали к нему единомышленников. Он создал научную школу, в которую вошли учёные не только из Москвы, но и из Свердловска, Харькова, Тбилиси, Баку, Еревана, Благовещенска и других городов. В числе его учеников академики В.Н. Черниговский, А.И. Григорьев, профессора А.П. Полосухин, П.М. Старков, М.А. Уколова, Н.Г. Кроль, Ф.З. Меерсон, Р.М. Баевский, Е.Б. Шульженко, доктора наук Г.И. Цинцадзе, И.Б. Ушаков, А.Б. Андреев и другие успешные учёные.

“У каждого исследователя есть свои любимые открытия. У меня самыми любимыми были открытия талантливых людей”, признавался Парин [1, с. 272]. Много внимания он уделял сохранению преемственности поколений в науке, избе-

гая при этом догматизма и консервативного отрицания нового. “Подлинно научное мышление, любовь к научной истине, которые мы обязаны развивать в каждом из своих учеников, должны базироваться на высоких этических принципах, на научной честности. Наука дышит лишь одним воздухом — кислородом фактов...”, — утверждал он в одной из своих работ [13, с. 589].

Выдающийся учёный и организатор космической медицины Василий Васильевич Парин скончался 15 июня 1971 г. в Москве и похоронен на Новодевичьем кладбище. Его идеи и труды продолжают служить развитию основанных им направлений.

Деятельность академика Парина была высоко оценена руководством страны и отмечена орденом Ленина, тремя орденами Трудового Красного Знамени, многими медалями. Признан его вклад в мировую науку и международным сообществом. Он являлся действительным членом Международной академии астронавтики, вице-президентом Международной федерации медицинской электроники и биологической техники, почётным членом Академии наук Румынии, Чехословацкого медицинского общества, Карлова университета в Праге и других зарубежных обществ и университетов. На XXV международном конгрессе физиологов, проходившем в конце июля 1971 г. в Мюнхене, советской делегации была передана медаль имени Иоганнеса Мюллера², присуждённая Физиологическим обществом ФРГ академику В.В. Парину (в числе трёх крупнейших физиологов мира) за его выдающиеся труды по кровообращению, клинической физиологии, биологической кибернетике и космической медицине.

В Институте медико-биологических проблем РАН создан мемориальный кабинет Василия Васильевича Парина, где бережно хранятся памятные вещи и документы учёного. Этот кабинет был открыт в 2002 г. к 100-летию со дня рождения учёного и с целью увековечения его заслуг в космической биологии и медицине. Сотрудники ИМБП РАН при участии Н.В. Логиновой (дочери Парина) постарались максимально воссоздать обстановку домашнего кабинета академика. Фонды музея включают предметы мебели домашнего кабинета, настенные картины, библиотеку (около 1500 книг), фото- и киноархив, сувениры, черновики научных трудов, переписку с учёными из разных стран, личные вещи, работы и документы, отражающие фундаментальный вклад В.В. Парина в становление и развитие космической биологии и медицины, а также его личность как человека и учёного. “Главное богатство кабинета, — отмечала Н.В. Логинова, — книги, которые папа не

просто хранил, он их обязательно прочитывал и делился наиболее интересным, когда мы собирались в столовой или по праздникам” (из письма, хранящегося в архиве ИМБП РАН).

На протяжении более двух десятилетий домашний кабинет оберегала вдова академика. При жизни Василий Васильевич высоко ценил её поддержку: “Если бы не мой верный спутник — моя жена, Нина Дмитриевна, которая много лет работала вместе со мной, физиолог Парин перестал бы быть физиологом” [3, с. 136]. После её смерти в 1995 г. архив и кабинет были переданы в Музей истории медицины АМН СССР, а в 1999 г. после ликвидации музея содержимое кабинета по просьбе академика А.И. Григорьева было перенесено в ИМБП в соответствии с распоряжением РАМН.

В память о В.В. Парине на фасаде главного корпуса ИМБП РАН и на фасаде дома, где он жил, установлены мемориальные доски.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Парин В.В.* О вероятном, о невероятном. М.: Наука, 1973.
2. *Парин В.В.* К учению о рефлекторной регуляции кровообращения. Рефлексы с легочных сосудов на кровообращение. Тезисы к диссертации на соискание учёной степени доктора медицинских наук. Свердловск, 1946.
3. Академик Василий Васильевич Парин: к 100-летию со дня рождения / Сост., вступ. ст. и коммент. Н.А. Григорьян; отв. ред. А.И. Григорьев. М.: Наука, 2003.
4. *Парин В.В., Баевский Р.М.* Кибернетика в медицине и физиологии. М.: Медгиз, 1963.
5. *Парин В.В., Баевский Р.М.* Введение в медицинскую кибернетику. М.: Медицина, 1966.
6. *Косицкий Г.И., Марковская Г.И.* Василий Васильевич Парин. М.: Медицина, 1986.
7. *Парин В.В., Баевский Р.М., Волков Ю.Н., Газенко О.Г.* Космическая кардиология. Л.: Медицина. Ленингр. отделение, 1967.
8. *Григорьев А.И., Баевский Р.М., Галеева Н.Ю.* Из научного наследия В.В. Парина (к разработке проблем космической медицины и физиологии) // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2003. № 2. С. 3—11.
9. *Парин В.В., Баевский Р.М., Емельянов М.Д., Хазен И.М.* Очерки по космической физиологии. М.: Медицина, 1967.
10. *Парин В.В.* Избранные труды. Т. II. М.: Наука, 1974.
11. *Григорьев А.И., Григорьян Н.А.* От глубин микромира до космических высот (к 100-летию со дня рождения академика В.В. Парина) // *Вестник РАН*. 2003. № 3. С. 244—249.
12. *Фёдоров Б.М.* Василий Васильевич Парин (к столетию со дня рождения) // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2003. № 2. С. 62—64.
13. *Парин В.В.* Авторитет фактов (О научном наследии и догматизме) // *Пути в неизвестное*. М.: Сов. писатель, 1963. С. 587—589.

² Мюллер Иоганнес — немецкий физиолог XIX в., один из основоположников современной физиологии, морфологии, эмбриологии.

ОТЕЦ СВЕРХЗВУКОВОЙ АЭРОДИНАМИКИ ПАМЯТИ ТЕОДОРА ФОН КАРМАНА

© 2023 г. А. Н. Богданов^{a,b,*}, И. М. Кондратьев^{b,c,**}

^aМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

^bМосковский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

^cИнститут машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва, Россия

*E-mail: bogdanov@imec.msu.ru

**E-mail: kiimash@yandex.ru

Поступила в редакцию 11.06.2022 г.

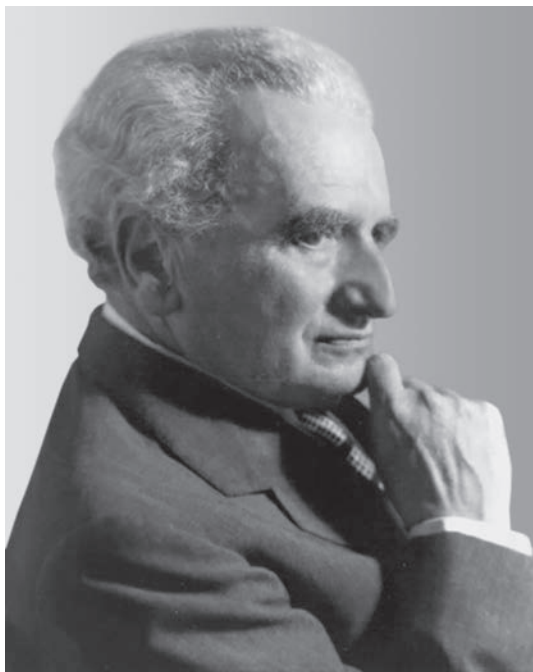
После доработки 20.07.2022 г.

Принята к публикации 05.09.2022 г.

Исследования и работы выдающегося американского учёного-механика, основоположника сверхзвуковой аэродинамики Теодора фон Кармана оказали влияние на развитие этой области науки во всём мире, в том числе в СССР. Его контакты с отечественными учёными способствовали обмену ценным научным опытом и бесспорно внесли вклад в формирование советской и российской механики. В статье рассмотрены незаурядная личность фон Кармана и его наиболее яркие научные достижения.

Ключевые слова: Теодор фон Карман, классики науки, фундаментальные науки, механика, гидродинамика, аэродинамика, ЦАГИ, АН СССР.

DOI: 10.31857/S0869587323020032, **EDN:** FBQNUM



Теодор фон Карман (1881–1963)

В кабинете-музее академика Л.И. Седова в НИИ механики МГУ, в бывшей секретарской, превращённой в фотогалерею, размещено несколько фотографий импозантного мужчины в короне седых волос, всегда с милой улыбкой на лице: в одиночестве, в компании Л.И. Седова, высокого строгого Адольфа Буземана и молодой энергичной Елены Красильщиковой. Этот мужчина — отец сверхзвуковой аэродинамики Теодор фон Карман.

Яркий представитель учёных-аэродинамиков XX в. Т. фон Карман вошёл в историю не только благодаря своим основополагающим научным результатам в области механики, но и увлекательной манере их представления, с тонким юмором написанным монографиям, статьям, научным и научно-историческим обзорами, успешным выступлениям, докладам и лекциям. Он тонко чувствовал слово, испытывал потребность осмыслить очень сложные механические процессы и

БОГДАНОВ Андрей Николаевич — кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник НИИ механики МГУ им. М.В. Ломоносова. КОНДРАТЬЕВ Игорь Михайлович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник ИМАШ РАН.



Т. фон Карман и Л.И. Седов (справа)

природные явления, высказывал критические замечания и давал оценки научным результатам других учёных. Карман оставил свой след почти во всех областях механики жидкости и газа: в теории дозвуковых, околосзвуковых, сверхзвуковых и гиперзвуковых течений, ламинарных, турбулентных и вихревых потоков и др. Многие термины носят его имя: вихревые дорожки Кармана, линия Кармана (условная верхняя граница атмосферы Земли), профили Кармана–Трефтца, оживало Кармана, тело Кармана–Мура, уравнения Фёппля – фон Кармана, формула Кармана–Тзяна, параметр околосзвукового подобия Кармана–Тзяна, параметр гиперзвукового подобия Тзяна–Кармана, уравнение Кармана–Хоуарта, постоянная Кармана. В научно-организационном плане Т. фон Карман внёс существенный вклад в становление таких крупных международных научных институтов, как Международный союз по теоретической и прикладной механике, Международная академия аэронавтики, Международный совет по аэронавтике, Институт гидродинамики в Синт-Генезиус-Роде в Бельгии (ныне – его имени).

Южная еврейская кровь и атмосфера детства и юности (он родился и вырос в Венгрии), воспитание в семье определили его темперамент, манеру общения и интересы. Среди его предков и по от-

цовской, и по материнской линии были учёные, педагоги и религиозные деятели. Отец, Мориц фон Карман, педагог высшей школы, применил к сыну некоторые из своих педагогических принципов. Теодор учился в основанной отцом специальной школе с педагогическим уклоном. Карман-старший всячески уводил сына с пути вундеркинда-математика, отвлекая его на другие занятия, в частности, запретил ему производить в уме сложные математические вычисления, чем тот любил забавляться, а по окончании сыном технического университета решил, что тот не должен считать своё образование оконченным (Теодор получил диплом инженера-механика в 1902 г.), а обязан поехать в Германию для более фундаментальной подготовки. “Отец был очень мудрым”, – писал позднее Теодор.

Т. фон Карман с уважением отзывался о своих учителях и в Будапеште, и в Гёттингене, где ему действительно посчастливилось общаться с научными светилами: математиком Д. Гильбертом (1862–1943), математиком и педагогом Ф. Клейном (1849–1925), математиком и физиком К. Рунге (1856–1927), механиком и физиком Л. Прандтлем (1875–1953). Последнего он выбрал своим научным руководителем. Ф. Клейну Карман приписывал определяющее влияние на создание современной прикладной механики [1]. В 1893 г. Клейн посетил США и, учитывая конкуренцию со стороны американской индустрии, обладавшей огромными технологическими ресурсами, ясно осознал, что европейская промышленность могла существовать только в том случае, если бы обладала превосходством в эффективности и экономичности. Это могло стать возможным только в условиях максимально точных знаний о технических процессах и предвещающих внедрение технологий точных расчётов на базе законов химии, физики, механики и математики.

Математическую подготовку Л. Прандтля Карман оценивал не слишком высоко. Более того, он отмечал у своего наставника отсутствие “таланта объяснить, чем он на самом деле занимается” [2]. Однако Прандтль, по мнению ученика, “был одарён редким умением понимать физические явления и необычайной способностью излагать их в относительно простой математической форме” [3, с. 59]. Со временем между учителем и учеником развилось научное соперничество, примером которого может служить подготовка доклада о проблемах расчёта турбулентного течения, представленного на 3-м Международном конгрессе по прикладной механике в 1930 г. в Стокгольме.

Первые исследовательские работы Кармана относились к механике твёрдого тела, поскольку аэродинамика в те времена была развита ещё очень слабо. Его дипломная работа 1902 г. в Ко-



Л.И. Седов, А. Буземан, Е.А. Красильщикова, Т. фон Карман, 1956 г.

Подпись на фото (предположительно рукой Седова): “Первые авторы в рождении сверхзвуковой аэродинамики”

ролевском техническом университете Будапешта была посвящена анализу движения тяжёлого стержня, опирающегося своим закруглённым концом на горизонтальную плоскость (в более привычных терминах — это модель движения детской игрушки-неваляшки с утяжелённым сферическим дном, которая при опрокидывании возвращается в вертикальное положение), а диссертация 1908 г. на степень доктора философии в Гёттингенском университете — проблемам изгибной прочности сжатых стержней.

После окончания университета в 1908 г. Т. фон Карман получил предложение от Л. Прандтля поработать над аэродинамикой дирижаблей на новой аэродинамической трубе в должности приват-доцента и оставался в Гёттингене до 1912 г. В этот период, согласно его рассказу [3], каждое утро по дороге в лабораторию он проходил мимо резервуара для воды, в котором докторант К. Хименц пытался добиться симметричного потока вокруг круглого цилиндра. На традиционный вопрос о ходе эксперимента он получал всегда один и тот же ответ: “Он <поток> всегда колеблется”. Так Карман познакомился с проблемой устойчи-

вости вихревых структур, а занявшись ею вплотную, показал, что устойчивым будет только несимметричное расположение вихрей. Хотя другие исследователи описывали такие вихревые структуры и проводили их исследования до Кармана, публикация результатов его теоретического анализа привела к тому, что с тех пор этот эффект стал называться вихревой дорожкой Кармана. Пристальное внимание к этому явлению оказалось оправданным — оно ответственно за вибрацию линий электропередачи, дымоходов и подвесных мостов. Если вибрации не учитывать, это приведёт к катастрофам, примером чему служит разрушение в 1940 г. моста Такома-Нэрроуз в штате Вашингтон в США (общая длина 1822 м, основной пролёт — 853 м), которое Карман проанализировал позже. В 1953 г. он писал: “Я всегда готов отвечать и за другие бедствия, причинённые вихрями Кармана!” [3, с. 79]. Когда А. Бенар пришёл к нему с претензией, что он ранее независимо тоже занимался изучением этих процессов, Т. фон Карман ответил: “Пусть название дорожки Кармана останутся в США, а во Франции пусть их называют авеню Бенара”.

В 1912 г. Карману было предложено организовать и возглавить Институт аэродинамики при Техническом университете Аахена (Германия). Став директором, он наладил дружеское соперничество со своими бывшими коллегами по Гёттингену. Его интересы практически полностью сместились в область динамики жидкости и газа.

Во время Первой мировой войны, в 1914–1918 гг., Карман вернулся в Венгрию. Он занял должность директора по исследованиям Австро-Венгерского авиационного корпуса, работавшего над синхронизацией темпа стрельбы пушек со скоростью вращения воздушных винтов, защитой топливных баков и т.д. В этот период он участвовал в разработке проекта вертолёта, который впоследствии получил имя в честь своих создателей [4]. Позднее он часто рассказывал, что военный опыт научил его искусству ладить с генералами и адмиралами, и это умение он проявлял на протяжении всей своей дальнейшей карьеры.

По окончании войны в жизни Т. фон Кармана наступил уникальный период: подобно отцу, принимавшему активное участие в создании государственной школьной системы Австро-Венгрии при императоре Франце-Иосифе, он занялся реорганизацией системы образования в Венгерской Советской Республике. В 1919 г. он был назначен заместителем народного комиссара просвещения. После падения Республики на её функционеров обрушились гонения, и в 1920 г. Венгерское аэрообщество исключило Кармана из своих рядов, вынудив его вновь возвратиться в Аахен. О его педагогических принципах в целом известно немного, но его позицию в вопросах организации обучения характеризует интервью, данное много лет спустя в США. Отвечая на вопросы корреспондента о количестве и размерах стипендий для желающих заниматься наукой, Карман не нашёл ничего вопиюще противостественного в том, что студенты вынуждены подрабатывать официантами [2]. В США Карман оказался, в общем-то, случайно. Американский предприниматель-миллионер и меценат Д. Гугенхайм (1856–1930), финансировавший развитие авиации в стране, хотел пригласить в качестве консультанта специалиста из Европы. Им должен был стать Л. Прандтль, который, однако, отказался, и эту должность предложили Карману. Впоследствии оказалось, что эта замена стала более чем удачной. Учёный постоянно проживал в США с 1930 г., а в 1936 г. получил американское гражданство.

Работоспособность Кармана сама по себе поразительна: начиная с 1908 г. он писал новую статью или книгу примерно каждые 4.5 месяца, и держал этот темп до последнего года своей жизни. В библиографии Кармана указано 173 публикации (точное количество завершённых рукописей

неизвестно) [5]. Был случай, когда он отправил на публикацию статью, уточняющую результат предыдущей (поскольку в ней были приняты более общие условия поиска решения), спустя всего три недели. Ему даже указали, что столь малое время между представлением работ свидетельствует о неверности одной из них.

Вклад Т. фон Кармана в науку намного превышает то, что можно найти в официальных публикациях. Многие идеи содержатся в его письмах, а также в письмах и документах его коллег и организаций, где он был консультантом. Многие из них, написанные на скатертях, оборотах старых писем, разрозненных листках и досках, к сожалению, были утеряны¹. Идеи свободно возникали в его голове в разговорах с коллегами и учениками, он фонтанировал ими, был полон энтузиазма и захватывающего чувства открытий нового в науке и технике, научное исследование было для него азартным приключением.

Карман всегда интересовался результатами экспериментов и побуждал других к их проведению, однако его в первую очередь привлекали теория и анализ результатов. В этом контексте он часто оказывался персонажем занимательных историй. Многие утверждали [5], что, когда он приходил в лабораторию для проверки аппаратуры (которая вполне могла быть сконструирована с учётом его собственных идей), всегда существовала опасность того, что после его ухода потребуются значительный ремонт. У.Д. Ранни, один из его ассистентов, вспоминал, что, несмотря на свою проницательность и понимание экспериментов, Карман сам проявил в них мало таланта. Этот его единственный недостаток в научной области оставался постоянным источником развлечения и бесчисленных анекдотов среди его коллег. Всегда существовала опасность, что он может повернуть какую-нибудь ручку или потянуть за рычаг, чтобы посмотреть, что произойдёт, и вызвать этим небольшую катастрофу. Он ужасно водил автомобиль, и его друзья испытали огромное облегчение, когда он, наконец, согласился нанять водителя.

Фон Карман посвятил всю свою профессиональную жизнь преодолению разрыва между теоретиками, довольствовавшимися общими теоре-

¹ Был и совсем курьёзный случай. Один из его бывших студентов в Аахене вспоминал [1], как однажды Карману, провожавшему его до конечной остановки последнего отправлявшегося в тот день трамвая, неожиданно пришла в голову новая идея, и, не имея под рукой ничего более подходящего, он стал записывать свои мысли прямо на внешней обшивке вагона. Хотя учёный и успел сделать все основные выкладки до того момента, как потерявший терпение водитель отправился по маршруту, студенту, не запомнившему написанного учителем, приходилось на каждой остановке выбегать из трамвая, переписывать очередную порцию формул и снова запрыгивать обратно. К счастью, остановок было достаточно, чтобы студент сумел скопировать всё.

мами и выбиравшими для их иллюстрации простые примеры, и инженерами, которые были разочарованы неудачами применения теории и поэтому прибегали к чистому эмпиризму. Он настаивал на том, что рациональная теория должна быть логически правильной, приближаться к отражению реальности и подтверждаться подходящими экспериментами. Уникальный вклад Кармана, отмеченный его коллегой К.Б. Милликеном, состоял в следующем:

- открытие и представление новой концепции какого-либо явления, которое до сих пор оставалось совершенно необъяснённым и загадочным, другими словами, творческая научная концепция на самом высоком уровне;
- прояснение и сведение к ясной и прозрачной форме материала, который ранее был запутан и, следовательно, лишь частично понят; это часто связано с нахождением математически простой структуры, с помощью которой можно понять очень сложные явления;
- обнаружение существенных физических элементов в сложных инженерных задачах, чтобы можно было получить рациональные и простые приближённые решения, которые затем могут быть улучшены методами последовательного приближения [1].

Обозревая пройденный авиастроением путь и роль науки, приводя примеры заблуждений даже великих исследователей (включая Ньютона), Карман отмечал, что большинство первопроходцев, стремившихся осуществить полёт, не верило ни в одну теорию. В конце жизни он писал: “Я не утверждаю, что теоретик даёт ответы на все вопросы, которые задал ему конструктор, или что конструктор всегда верно применяет теорию; но, по крайней мере, они признают достоинства и недостатки друг друга” [3, с. 36]. Уместно привести некоторые яркие афоризмы Кармана: “Я пришёл к выводу, что чрезмерное беспокойство о том, что делают другие, может быть глупо. Это может парализовать усилия и подавить хорошую идею. Обнаруживается, что в истории науки почти все проблемы были решены кем-то другим. Это не должно мешать никому идти своим собственным путём” [6, с. 35]; “Всем известно, что женщине требуется девять месяцев, чтобы родить ребёнка. Но вы, американцы, думаете, что если вы организуете беременность девяти женщинам, то сможете родить ребёнка через месяц”² [7];

² Сказано в 1957 г. Дж.Г. Мартину, адъютанту генерал-майора Д.Э. Хукса, когда он сопровождал фон Кармана из Нью-Йорка, чтобы тот возглавил секретный симпозиум по космическим полётам в Клаудкрофте. Советский спутник был запущен месяцем ранее, и каждый вид вооружённых сил США, следуя своей отдельной космической программе, отчаянно пытался осуществить свой собственный успешный запуск.

“Учёный изучает то, что есть, а инженер создаёт то, чего никогда не было” [8].

Т. фон Карман много путешествовал, читал лекции и привлекал студентов со всего мира. Владение многими языками было его большим преимуществом: он свободно говорил по-венгерски, по-немецки, по-французски, по-итальянски, на идише и на “плохом английском”, который он называл международным языком.

Особый интерес для отечественных специалистов в области механики, в том числе интересующихся историей этой науки, могут представлять сведения о влиянии исследований Кармана на советскую и российскую науку. Это проявлялось и в заочной (знакомство с его трудами), и в очной форме (встречи на международных конференциях). В 1927 г. Карман побывал в Советском Союзе (в дальнейшем он ещё дважды приезжал в СССР), посетил Центральный аэрогидродинамический институт (ЦАГИ), где была впервые запущена построенная ещё в 1925 г. на тот момент самая большая в мире аэродинамическая труба Т-2 диаметром 6 м. (Интересно, что спустя два года посмотреть знаменитую трубу ЦАГИ приехал и учитель Кармана — основатель гёттингенской школы аэродинамики Л. Прандтль.) К сожалению, подробности первого визита Кармана в Россию неизвестны, в том числе и точные сроки его пребывания в Москве. Между тем тогда в столице проходило мероприятие, которое, несомненно, могло бы его заинтересовать — первая Мировая выставка моделей и механизмов межпланетных аппаратов конструкций изобретателей разных стран, на которой свои проекты представили такие авторитетные зарубежные специалисты, как Р. Годдард (США), Р. Эсно-Пельтри (Франция), М. Валье (Германия), Г. Оберт (Румыния). Вероятно, Москва стала для Кармана лишь транзитным пунктом на пути в Японию, Китай и Индию, куда он направлялся для чтения лекций и оказания консультаций японским инженерам (Kawanishi Airplane Company), в частности по строительству аэродинамической трубы в Кобе. В архиве учёного в Калифорнийском технологическом институте сохранились фотографии из этой поездки по Японии.

В 1928 г. Т. фон Карман участвовал в 8-м Международном математическом конгрессе в итальянской Болонье, где выступил с докладом “Математические проблемы современной аэродинамики”. По-видимому, там же он познакомился с видным советским учёным-механиком Н.М. Крыловым, представлявшим с научным докладом Академию наук Украины. Веским основанием для предположения о знакомстве Кармана и Крылова служит сохранившаяся в Архиве РАН [9] почтовая карточка, отправленная Карманом 13 февраля 1929 г. из Аахена и адресованная работавшему в то

DATA ON THE PARTICIPANTS OF THE JUBILEE SESSION
OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF USSR

1. Name Karman, Theodore

2. Date of birth 1891. May 11th

3. Nationality American

4. Scientific degree Dr. phil. (Dr. Scip. dea) (Berkeley) Dr. Eng. (Berkeley) Dr. Eng. (Paris)

5. Branch of science Applied Mathematics, Aeronautics

6. Office held Director of Supersonic Aeronautics
Laboratory, Pasadena (Cal)

7. Delegate of what institution? Calif. Institute of Technology

8. Home address 1511 S. MacKenzie Avenue Pasadena Cal.

Signature Theodore v. Karman

• 14. June 1945

Знаком № 61

Карточка участника Юбилейной сессии АН СССР, 1945 г.

время в Киеве Н.М. Крылову. В своём кратком послании Карман благодарил его за полученные оттиски его статей 1928 г. Не исключено, что благодаря этому знакомству в 1931 г. Крылов был приглашён в Аэродинамический институт Аахена, где он выступил с циклом лекций. О дальнейшем взаимодействии учёных ничего не известно, но вполне вероятно, что знакомство с трудами Крылова, много занимавшегося прикладными проблемами нелинейной механики, позже помогло Карману при подготовке его работы «Инженер борется с нелинейными проблемами» [10], а также монографии в соавторстве со своим учеником М. Био [11].

Летом 1937 г. Т. фон Карман, уже получивший американское гражданство и работавший в Калифорнийском технологическом институте, снова посетил СССР и ЦАГИ, что отмечено в документах калифорнийского архива Кармана. Однако его имя стало широко известным в нашей стране лишь после Великой Отечественной войны. До этого о нём знал лишь узкий круг специалистов по аэродинамике. При составлении списков зарубежных учёных, которых предполагалось пригласить на Юбилейную сессию Академии наук СССР в 1945 г., о Кармане вспомнили не сразу. Секретарь Отделения технических наук в то время обращал внимание на отсутствие контактов с

зарубежными организациями. Когда имя Кармана всё-таки появилось в предварительных списках, он там числился то как инженер-механик, то как специалист по авиации, он даже приписывался к разным местам работы — и к Калифорнийскому технологическому институту, и к Институту физики в Нью-Йорке. В итоге Карману нашли место среди американских учёных и отправили персональное приглашение. Заполненная им 14 июня 1945 г. учётная карточка участника Юбилейной сессии хранится в Архиве РАН [12].

Американские биографы отмечают, что, несмотря на пышность приёма, советским учёным не разрешили обсуждать с зарубежными коллегами свои исследования военного времени. Л.Г. Лойцянский в этой связи вспоминал, что познакомился с Карманом в 1960 г. на X Международном конгрессе по прикладной механике в Стрезе (Италия), хотя мог это сделать ещё в Москве в дни Юбилейной сессии, но ему «как засекреченному сотруднику ЦАГИ была запрещена встреча с ним <Карманом> — иностранцем» [13, с. 131]. О своих контактах с ним оставила воспоминания и П.Я. Кочина: «<Теодор фон Карман> посетил Институт механики АН СССР. Там ему был вручён оттиск статьи тогда уже покойного Н.Е. Кочина, в которой содержалось доказательство неустойчивости цепочек Кармана... Может быть, профессор был не очень доволен результатом, но был очень любезен и оценил остроумие применённого Н.Е. Кочинным приёма» [14, с. 234].

Во время своего третьего приезда в СССР Карман вновь хотел посетить ЦАГИ, однако, по словам Лойцянского, он «не был допущен к посещению лабораторий ЦАГИ и познакомился с представлявшей только исторический интерес лабораторией Жуковского в старом здании Московского университета». Показательны воспоминания С.А. Христиановича о послевоенном визите Кармана. На вопрос Г.М. Маленкова о том, можно ли Карману попасть в ЦАГИ, он ответил: «Нет, можно пускать всех, кроме него, потому что ему достаточно взглянуть на наши трубы... чтобы составить полное представление о всей нашей авиации и сейчас, и на будущее» [15, с. 97]. Первая в ЦАГИ большая промышленная высокоскоростная аэродинамическая труба Т-106 проектировалась с привлечением американских специалистов — ими руководил Петерс, а консультировал Карман. Однако в ЦАГИ был воплощён более совершенный отечественный проект Г.Н. Абрамовича и К.К. Баулина, параметры трубы не имели равных в мире (диапазон чисел Маха — 0.15–0.9, диаметр рабочей части — 2.6 м, переменная плотность протекающего потока и большие числа Рейнольдса). В своей автобиографии Т. фон Карман с присущим ему юмором писал, что занялся вопросом проектирования аэродинамических труб, чтобы показать, что и в капитали-

стической стране может быть получен хороший фактор энергии.

В архиве Кармана имеется целая папка, посвящённая конструкциям аэродинамических труб, что свидетельствует о неугасающем интересе учёного к этой теме. Его не раз привлекали в качестве консультанта при создании аэродинамических труб. Как упоминалось выше, он участвовал в проектировании аэродинамической трубы в Кобе (Япония, 1927 г.) и помогал строить 10-футовую трубу в лаборатории Гуггенхайма в Калифорнийском технологическом институте (1926–1927). Тем не менее в фундаментальной монографии Р. Пэнхерста и Д.В. Холдера “Техника эксперимента в аэродинамических трубах”, где говорится о существовавших на тот момент в мире аэродинамических трубах, имя Кармана почти не упоминается.

Постепенно Т. фон Карман стал широко известен в нашей стране как крупный учёный-механик: во втором томе фундаментального труда “Механика в СССР за 50 лет” [16] его имя звучит 27 раз, уступив первенство среди иностранных учёных только Л. Прандтлю. Многократно он упоминается и в других томах этого издания. Среди обсуждавшихся результатов Кармана следует упомянуть: решение первой задачи об обтекании ускоренным потоком пластинки, за которой располагается область постоянного давления (1949 г., развития в СССР эта задача не получила, независимо стала разрабатываться теория слабо возмущённых струй); предложенный Карманом для изучения обтекания профиля плоским потоком идеальной несжимаемой жидкости методами конформных отображений вариант с точной отображающей функцией (профили Кармана–Трефтца); одни из первых исследований обтекания тел вращения дозвуковым потоком (1927); эмпирическое распределение завихрённости в кормовой части обтекаемого тела вращения; разработанный Карманом и Ц. Сюэ-сенем (1939) метод пересчёта распределения скорости по поверхности профиля, определённого при обтекании несжимаемой жидкостью, на случай сжимаемой среды (метод имел сходные трудности, что и отечественный метод пересчёта С.А. Христиановича 1940 г.); решённая совместно с Н. Муром (1932) задача о симметричном обтекании тела вращения (в виде интеграла от потенциала равномерно распределённых вдоль оси тела источников переменной мощности).

Карман признан основоположником решения экстремальных задач аэродинамики. На конгрессе Вольта в 1935 г. он зачитал доклад о построении в рамках линейной теории оптимальной формы головной части тела вращения заданной длины и площади концевой сечения. Велик его вклад в создание математической теории турбулентности. Им была высказана гипотеза автомодельно-

сти крупномасштабных характеристик турбулентности, получившая развитие в работах Л.Г. Лойцянского, ослабившего условия её применимости до требования приближённой автомодельности поля средней скорости (1935). Для масштаба длины в турбулентном течении Карманом была предложена формула его зависимости от скорости течения. Одним из важнейших достижений полуэмпирической теории турбулентности стало установление Карманом в начале 1930-х годов логарифмического закона для профиля средней скорости плоскопараллельного турбулентного течения у стенки. В 1938 г. в соавторстве с Л. Хоуартом он вывел так называемое уравнение Кармана–Хоуарта для случая однородной изотропной турбулентности в несжимаемой жидкости, детально исследовавшееся затем советскими учёными Л.Г. Лойцянским (1939), М.Д. Миллионщиковым (1939), А.Н. Колмогоровым (1941), Л.И. Седовым (1944, 1951) и другими. Карман предложил “трёхслойную” модель турбулентно-ламинарного взаимодействия в пристеночной зоне и положил начало разработке методов расчёта турбулентного пограничного слоя в газе при высоких скоростях.

На русском языке увидели свет небольшая монография “Сверхзвуковая аэродинамика” [17] (но следует учесть, что в то время высокоскоростная аэродинамика как наука ещё только формировалась), практическое руководство “Математические методы в инженерном деле” [11], тома фундаментальной серии “Аэродинамика больших скоростей и реактивная техника” с его статьёй “Основы аэродинамики больших скоростей” [18] и параграфом “Аэротермодинамические проблемы теории горения” [19]. В томе “Аэродинамика частей самолёта при больших скоростях” [20] нашёл должное отражение вклад Кармана в высокоскоростную аэродинамику. Результаты исследований учёного вошли в основные учебные курсы для студентов профильных специальностей отечественных вузов [21–23].

Карман с уважением относился к коллегам из СССР и внимательно следил за достижениями советской науки. Г.Г. Чёрный, встречавшийся с ним в 1958 г. в Мадриде на I Учредительном конгрессе ICAS, вспоминал: “Я подошёл к Карману, представился и, получив согласие говорить по-немецки, вручил ему отписки моих статей о течениях с сильными ударными волнами. К моему изумлению оказалось, что Карман знаком с этими статьями по английским переводам” [24, с. 47].

Вот что вспоминал Л.Г. Лойцянский о своём участии в уже упоминавшемся X Международном конгрессе по прикладной механике: «В обзорную часть моего доклада входило упоминание о теории Кармана тепломассопереноса в сильно вязкой, но слабо теплопроводной жидкости при

ограниченных значениях числа Прандтля, не превосходящих порядок десяти. В отличие от теории Кармана, мой метод, основанный на общей теории взаимодействия молекулярного (ламинарного) и молярного (турбулентного) обменов, содержал решение этой задачи при сколь угодно больших значениях Прандтля, что отвечало требованиям практики. В своём выступлении Карман отметил мой доклад как “интересную интерпретацию своего метода”. Я был настолько польщён вниманием классика, что легко простил ему некоторую недооценку самостоятельного содержания моего доклада» [13, с. 132]. Несмотря на успехи советской аэродинамики и хорошую осведомлённость Кармана об исследованиях советских учёных, в его статьях трудно найти ссылки на какие-то их работы, хотя вряд ли тенденция “не замечать достижений русских” была заложена именно им.

Интерес к научному наследию Кармана в России сохраняется, свидетельством чему служит выход в свет на русском языке его книги “Аэродинамика. Избранные темы в их историческом развитии” [3]. К сожалению, невзирая на заслуги перед аэродинамикой и механикой в целом, Кармана не удостоили в СССР каких-либо почётных академических званий. Скорее всего, в этом виновато его тесное сотрудничество с американскими военными. В частности, в 1945 г. он был назначен председателем научно-технической комиссии ВВС США, позже преобразованной в главное научно-техническое управление, и возглавлял американские технические миссии в Германии по изучению достижений этой страны в области сверхзвуковой аэродинамики и управляемых ракет. Кроме того, в 1956 г. Карман создал Институт гидродинамики в Бельгии (ныне Фон-Кармановский институт гидродинамики), который задумывался им как центр обмена знаниями между ведущими европейскими учёными, но с самого начала финансировался различными организациями, в том числе НАТО.

При воздаваемых ему заслуженных почестях Карман, по свидетельству его американских коллег, был скромн, тактичен и внимателен. Как вспоминал один из них, в свой 75-й день рождения “фон Карман, несмотря на то, кто он есть, разговаривал с любым из нас так, как если бы мы были фон Карманом, а он, фон Карман, учился у мэтра” [1]. По словам Л.Г. Лойцянского, многократно встречавшегося с Карманом, его “почитали не только за его научные заслуги, но и просто, по-человечески, любили за простоту и заботливое отношение к окружающим, а особо к тем, кто считал себя его учениками”.

Деятельности Кармана как учёного, перефразируя его собственные слова “Учёный имеет право сказать инженеру: *Tua res agitur* (для тебя дела-

ется)” в заключение статьи “Турбулентность” [25, с. 59], можно дать такую оценку: “Это делалось для вас, люди!”

ЛИТЕРАТУРА

1. *Dryden H.L.* Theodor von Karman: A Biographical Memoir. Washington, D.C.: NAS, 1965.
2. *von Karman T.* Interviewed by John Heilbron. June 29. 1962. <https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/4935>
3. *Карман Т.* Аэродинамика. Избранные темы в их историческом развитии. Ижевск: НИЦ РХД, 2001.
4. NACA report № 47.
5. Theodore Von Kármán, 1881–1963 // Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society. 1966. V. 12. P. 335–365.
6. *von Karman T., Edson L.* The Wind and Beyond – Theodore von Kármán. Pioneer in Aviation and Pathfinder in Space. Boston: Little Brown, 1967.
7. *Martin J.G.* The Life and Times of Joe Gordon (to the best of my recollection). 2007.
8. Theoretical foundations for decision making in engineering design. National Academy Press, 2001. <https://www.nap.edu/read/10566/chapter/2>
9. АРАН. Ф. 689. Оп. 4. Д. 75. Л. 1–2.
10. *von Karman T.* The Engineer Grapples with Nonlinear Problems // Bull. Am. Math. Soc. 1940. V. 46. P. 615–683.
11. *Карман Т., Био М.* Математические методы в инженерном деле / Пер. с англ. М.Г. Шестопал, под ред. А.М. Лопшица. 2-е изд. М.–Л.: Гостехиздат, 1948.
12. АРАН. Ф. 519. Оп. 1. Д. 34. Л. 7.
13. *Лойцянский Л.Г.* Из моих воспоминаний. Записки профессора-политехника. СПб.: Б.С.К., 1998.
14. *Кочина П.Я.* Николай Евграфович Кочин (1901–1944). М.: Наука, 1979.
15. Академик С.А. Христианович / Ред.-сост. Г.С. Бюшгенс. Изд. 4-е, доп. и перераб. М.: Наука, 2008.
16. Механика в СССР за 50 лет. В 4 т. Т. 2. Механика жидкости и газа / Под ред. Л.И. Седова, Я.Б. Зельдовича, А.Ю. Ишлинского и др. М.: Наука, 1970.
17. *Карман Т.* Сверхзвуковая аэродинамика: Принципы и приложения / Пер. с англ. и ред. Н.А. Талицких. М.: Изд-во и тип. Гос. изд-ва иностр. лит., 1948.
18. Общая теория аэродинамики больших скоростей / Пер. с англ. Г.И. Богомоллова и др., под ред. И.А. Паничкина. М.: Воениздат, 1962.
19. Основы газовой динамики / Пер. с англ. В.В. Белого и др., под ред. Г.И. Баренблатта и Г.Г. Чёрного. М.: Изд-во иностр. лит., 1963.
20. Аэродинамика частей самолёта при больших скоростях / Пер. с англ. Г.И. Баренблатта и др., под ред. Г.Ф. Бураго. М.: Изд-во иностр. лит., 1959.
21. *Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В.* Теоретическая гидромеханика / Под ред. И.А. Кибеля. 6-е изд., испр. и доп. М.: Физматгиз, 1963.
22. *Чёрный Г.Г.* Газовая динамика. М.: Наука, 1988.
23. *Лойцянский Л.Г.* Механика жидкости и газа. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1987.
24. *Чёрный Г.Г.* Долгий путь // Избранные труды. М.: Наука, 2009.
25. *Карман Т.* Турбулентность // Успехи физических наук. 1939. № 1. С. 21–59.

БОЛЬШАЯ ЗОЛОТАЯ МЕДАЛЬ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА 2022 ГОДА

DOI: 10.31857/S0869587323350013, EDN: TXDHI2

Президиум РАН присудить Большую золотую медаль имени М.В. Ломоносова РАН 2022 года академику РАН Юрию Викторовичу Наточину за фундаментальный вклад в изучение физиологии почки и водно-солевого обмена и иностранному члену РАН профессору Денису Ноблу (Великобритания) за выдающийся вклад в развитие физиологии кровообращения.

АКАДЕМИК РАН ЮРИЙ ВИКТОРОВИЧ НАТОЧИН



Ю.В. Наточин — выдающийся физиолог, внёсший фундаментальный вклад в изучение физиологии висцеральных систем, физиологии почек и водно-солевого обмена, эволюционной физиологии, космической биологии и медицины, нефрологии. Его исследования посвящены обоснованию новых гипотез о роли инкретиннов в

регуляции водно-солевого обмена у человека и животных, ключевым проблемам общей физиологии. Он сформулировал принципы эволюции функций почек, установил механизмы адаптации водно-солевого гомеостаза у разных видов животных к условиям внешней среды.

Работы учёного нашли применение в клинической медицине — педиатрии, нефрологии, космической медицине. Он обнаружил механизм изменения водно-солевого обмена у космонавтов и предложил эффективный способ устранения этого дефекта, который применяется в настоящее время. Ю.В. Наточин предложил способ нормализации водно-солевого обмена при ишемиче-

ском инсульте, позволивший почти вдвое снизить летальность в клиниках. В проведённых академиком исследованиях синтезированы новые аналоги нонапептидных гормонов нейрогипофиза, обладающие высокой селективностью в отношении выведения почками калия, натрия и воды, получены патенты на эти соединения и их эффекты. Это открыло новые возможности регуляции функции почек и может способствовать созданию нового класса лекарственных веществ.

Ю.В. Наточин основал и возглавил ведущую научную школу России по физиологии почки и водно-солевого обмена, организовал медицинский факультет Санкт-Петербургского государственного университета и многие годы руководил кафедрой физиологии, где читает курс лекций по физиологии. Является соавтором учебников по физиологии для вузов.

Научная деятельность академика Ю.В. Наточина отмечена орденами “Знак Почёта”, “За заслуги перед Отечеством” III и IV степеней, премией Правительства РФ в области науки и техники, премией Правительства РФ в области образования, премией им. Л.А. Орбели АН СССР, золотой медалью им. И.П. Павлова РАН.

ДЕНИС НОБЛ (ВЕЛИКОБРИТАНИЯ)



Д. Нобл — иностранный член РАН, почётный профессор Оксфордского университета. Учёный впервые разработал математическую модель, способную воспроизводить электрические явления в клетках рабочего миокарда и клетках водителя ритма. Работы Нобла убедительно продемонстрировали, что математиче-

ские модели могут быть уникальным и мощным инструментом анализа физиологических явлений. Он использовал компьютерные модели биологических органов и систем для интерпретации функции от молекулярного уровня до организма в целом, а также суперкомпьютеры для создания первого виртуального органа — сердца. При его участии был запущен международный проект “Физиом” (Physiome) по использованию компьютерного моделирования с целью создания количественных физиологических моделей, необходимых для интерпретации генома. Денис Нобл —

один из основоположников системной биологии и автор первой научно-популярной книги в этой области – “Музыка жизни” (2006), которая переведена на 12 языков. Эта книга – гигантский шаг в понимании эпигенетики.

Денис Нобл – член Лондонского Королевского общества (1979), почётный член Королевского колледжа врачей Великобритании (1988), член Европейской академии (1989), президент Медицинской секции Британской научной ассоциации (1991–1992), почётный иностранный член Бельгийской королевской медицинской акаде-

мии, почётный член Американского физиологического общества (1996), почётный член Физиологического общества Японии (1998), член Академии IUPS (2021), член Линнеевского общества (FLS, 2022). Учёный награждён золотой медалью Британского фонда по борьбе с сердечными заболеваниями (British Heart Foundation Gold Medal, 1985), Орденом Британской империи (CBE, 1998), медалью BCS Маккензи (2005), медалью за заслуги перед Международным обществом исследования сердца – ISHR (2008).

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТДЕЛ

НАГРАДЫ И ПРЕМИИ

DOI: 10.31857/S0869587323350025, EDN: TXDGPW

ЗОЛОТАЯ МЕДАЛЬ ИМЕНИ ЛЕОНАРДА ЭЙЛЕРА 2022 ГОДА – С.К. ГОДУНОВУ



Президиум РАН присудил золотую медаль им. Леонарда Эйлера 2022 года академику РАН Сергею Константиновичу Годунову за выдающиеся результаты в области вычислительной математики.

С.К. Годунов внёс фундаментальный вклад в развитие вычислительной математики. Им разработана схема (схема Годунова) первого порядка точности для расчёта разрывных решений нестационарных задач газовой динамики. Данная схема оказала большое влияние на развитие численных методов. В настоящее время она широко используется при решении задач механики сплошных сред. По схеме Годунова впервые был произведён расчёт стационарного транс-

звукового обтекания с использованием процесса установления нестационарного потока.

Учёный сформулировал концепцию гарантированной точности в численном анализе, благодаря которой в вычислительную математику вошли такие новые фундаментальные понятия, как спектральный портрет матриц, критерий качества дихотомии, расслоение спектра, обобщённое уравнение А.М. Ляпунова.

Научные исследования С.К. Годунова оказали большое влияние на развитие таких областей математики, как корректность постановок краевых задач для дифференциальных уравнений, разностные схемы и численные методы линейной алгебры, разработка алгоритмов решения задач газовой динамики, механики сплошных сред и расчёта деформаций металлов при взрывных нагрузках. Его работы сыграли большую роль в решении проблемы использования ядерной энергии.

ПРЕМИЯ ИМЕНИ А.О. КОВАЛЕВСКОГО 2021 ГОДА – М.А. АЛЕКСАНДРОВОЙ И Э.Н. ГРИГОРЯН



Президиум РАН присудил премию им. А.О. Ковалевского 2021 года доктору биологических наук Марии Анатольевне Александровой и доктору биологических наук Элеоноре Норайровне Григорян (Институт биологии развития им. Н.К. Колцова РАН) за цикл работ “Регенерация и восстановление тканей: стволовые клетки, конверсия

дифференцированных клеток, онтогенетическая зависимость”.

Работы посвящены изучению клеточных и молекулярно-генетических механизмов регенерации и восстановления разных типов тканей у позвоночных, дифференцировки нервной ткани в онтогенезе, роли микроокружения и клеточных взаимодействий в развитии мозга у млекопитающих, пластичности мозга на модели нейротрансплантации эмбриональной ткани у взрослых животных. Авторы собрали результаты, отражающие клеточные и молекулярные события при регенерации тканей, в том числе сетчатки глаза, у низших позвоночных и при восстановительных процессах в центральной нервной системе у млекопитающих. Приводятся данные, характеризующие свойства клеток — источников регенера-

ции: стволовость и способность к репрограммированию, а также особенности регенерации при жёстких внешних воздействиях и влиянии трансплантируемых экзогенных клеток.

Данный цикл работ имеет не только фундаментальное значение, но и представляет интерес для практического использования в биотехнологии и медицине. Так, сужается область поиска спектра молекулярных факторов, ответственных за инициацию, прогресс и корректность регенерации и восстановления тканей, в частности, сетчатки глаза и мозга. Определяются потенциа-

льные подходы и возможные клеточные и молекулярные мишени для стимуляции регенерации и, напротив, удержания тканей от нежелательных трансформаций.

Результаты представленных М.А. Александровой и Э.Н. Григорян исследований представляют собой достижения мирового уровня. Они неоднократно обсуждались на международных конференциях, публиковались в ведущих российских и международных научных изданиях, цитировались в мировой научной литературе.