

ISSN 0869-5873

Том 93, Номер 2

Февраль 2023



ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

www.sciencejournals.ru



ВСЕПРЕВЕЛАШИН ДЕРЖАВИ
ВЕЛАНКІН ГАРЬ ПЕТРЪ АЛЕУЪ БІ

СОДЕРЖАНИЕ

Том 93, номер 2, 2023

Точка зрения

- С. Л. Соловьев, Д. Г. Зарюгин, С. Г. Калякин*
Перспективные направления развития атомных станций малой мощности в России 103
- А. А. Ткаченко*
Задачи пространственного развития России с точки зрения демографических процессов и национальной безопасности 112
-

Организация исследовательской деятельности

- А. Б. Гусев, М. А. Юревич*
Наука России и внешний мир: спорная открытость, беспорядная зависимость 121
- Е. Г. Грибовод, Д. М. Ковба*
Изменение траектории развития российской аспирантуры 131
-

Обозрение

- Г. М. Сидорова, Н. А. Жерлицына*
Миграционные процессы в Африке и проблема безопасности
Ко Второму саммиту “Россия–Африка” 141
- В. П. Ильин*
Программирование ближайшего будущего: концепция и прагматика 150
-

Проблемы экологии

- Б. Д. Абатуров*
Сравнительная продуктивность лесных и травяных экосистем 162
-

Из рабочей тетради исследователя

- А. А. Черемисин, В. П. Исаков, Е. А. Шишкин, А. А. Онищук, В. Н. Пармон*
Водный аэрозоль в искусственном аналоге природной шаровой молнии 171
- А. Н. Макоедов, Г. Г. Матишов, Е. Н. Пономарёва*
Мировые тенденции пользования водными биоресурсами 179
-

Времена и нравы: мемуары, письма, документы

- В. С. Соболев*
Академик М. И. Ростовцев о взаимоотношениях государственной власти с наукой
Неизвестная статья 1917 г. 191
-

В мире книг

- С. В. Рязанцев*
Рецензируется: “Интеграция vs репатриация: социально-экономический потенциал армянской диаспоры России” 196
-

Официальный отдел

- Награды и премии 199
-
-

CONTENTS

Vol. 93, No. 1, 2023

Point of view

- S. L. Solovyov, D. G. Zaryugin, S. G. Kalyakin*
Promising directions for the development of small-capacity nuclear power plants in Russia 103
- A. A. Tkachenko*
Tasks of spatial development of Russia from the point of view of demographic processes and national security 112
-

Organization of research activities

- A. B. Gusev, M. A. Yurevich*
Russian science and the outside world: controversial openness, indisputable dependence 121
- E. G. Gribovod, D. M. Cowba*
Changing the development trajectory of Russian postgraduate studies 131
-

Review

- G. M. Sidorova, N. A. Zherlitsyna*
Migration processes in Africa and the problem of security
For the second summit "Russia–Africa" 141
- V. P. Ilyin*
Programming the Near Future: Concept and Pragmatics 150
-

Ecological problems

- B. D. Abaturov*
Comparative productivity of forest and grass ecosystems 162
-

From the researcher's notebook

- A. A. Cheremisin, V. P. Isakov, E. A. Shishkin, A. A. Onischuk, V. N. Parmon*
Water aerosol in an artificial analogue of natural ball lightning 171
- A. N. Makoedov, G. G. Matishov, E. N. Ponomareva*
World trends in the use of aquatic biological resources 179
-

Times and mores: memoirs, letters, documents

- V. S. Sobolev*
Academician M.I. Rostovtsev on the relationship between state power and science.
Unknown article 1917 191
-

In the Book World

- Reviewed: "Integration vs Repatriation: Socio-Economic Potential of the Armenian Diaspora in Russia" 196
-

Official Section

- Awards and prizes 199
-
-

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ В РОССИИ

© 2023 г. С. Л. Соловьев^{a,*}, Д. Г. Зарюгин^{b,**}, С.Г. Калякин^{a,***}

^aАО “Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций”,
Москва, Россия

^bГосударственная корпорация по атомной энергии “Росатом”, Москва, Россия

*E-mail: SLSoloviev@vniiaes.ru

**E-mail: DGZaryugin@rosatom.ru

***E-mail: SGKalyakin@vniiaes.ru

Поступила в редакцию 09.11.2022 г.

После доработки 14.12.2022 г.

Принята к публикации 26.12.2022 г.

В статье рассматриваются основные характеристики модульной конструкции атомных станций малой мощности (АСММ), показана возможность снижения стоимости и сроков сооружения установок данного класса за счёт заводского изготовления, эффекта серийности и сокращения избыточных систем безопасности. Представлены перспективы значительного расширения области применения атомных технологий благодаря модульности и возможности обеспечения высоких показателей безопасности. Проанализированы вероятные направления использования АСММ для энергоснабжения удалённых, в том числе арктических, территорий, производства высокопотенциального тепла и водорода для промышленных потребителей и другие применения. Показана необходимость разработки и внедрения новой технологической платформы атомной энергетики на основе АСММ для решения задач глобальной декарбонизации мировой экономики посредством значительного расширения области применения ядерных энерготехнологий в дополнение к разрабатываемой на данный момент технологической платформе замкнутого ядерного топливного цикла с реакторами на быстрых нейтронах и технологической платформе управляемого термоядерного синтеза. Авторы предлагают создать опытный полигон для отработки технологий “кэптивно-го” производства водорода (тепла) для промышленного потребителя, а также других технологий утилитарного применения АСММ на основе опытно-демонстрационной атомной энерготехнологической установки с высокотемпературным (около 1100°C) реактором на быстрых нейтронах с газовым теплоносителем.

Ключевые слова: малоуглеродная энергетика, безуглеродная энергетика, Арктика, атомные станции малой мощности, накопители энергии, синтетическое безуглеродное топливо, новая технологическая платформа, водород.

DOI: 10.31857/S086958732302010X, EDN: FDMCZR



СОЛОВЬЕВ Сергей Леонидович – доктор технических наук, научный руководитель АО “ВНИИАЭС”. ЗАРЮГИН Денис Геннадьевич – кандидат технических наук, руководитель проектов ГК “Росатом”. КАЛЯКИН Сергей Георгиевич – доктор технических наук, руководитель департамента АО “ВНИИАЭС”.

С публикации в 1990 г. первого доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата, в котором акцент делался на опасности выбросов парниковых газов, дипломатические усилия направлялись на поиск международных рамок, в пределах которых такие выбросы могли бы регулироваться. Результатом стали Рамочная конвенция ООН об изменении климата (1992), Киотский протокол (1997) и Парижское соглашение по климату (2015), определявшие цели глобального сокращения выбросов парниковых газов. Возникли понятия низкоуглеродной и декарбонизированной экономики, а также призыв к глобальной декарбонизации [1]. Технические усилия по сокращению выбросов парниковых газов всё это время в основном направлялись на развитие “зелёной” энергетики на основе возобновляемых источников энергии, а также технологий энергосбережения и энергоэффективности. При этом многие страны декларировали сокращение и даже полный отказ от атомной генерации, которая не считалась “зелёной”. Между тем энергетический кризис 2020–2022 гг. в США и Европе выявил системные проблемы возобновляемой энергетики: сложно одновременно обеспечить и заметное сокращение выбросов парниковых газов, и энергетическую надёжность энергосистем. В связи с этим значительное внимание сейчас уделяется атомной энергетике, которая признаётся “зелёной” уже подавляющим большинством стран.

Очевидно, что существующая атомная энергетика должна внести свой вклад в глобальную декарбонизацию, но он скорее всего будет ограничен, во-первых, из-за проблем с топливообеспечением и обращением с отработавшим ядерным топливом (на их решение направлено создание энерготехнологий замкнутого ядерного топливного цикла с реакторами на быстрых нейтронах), а во-вторых, из-за системной ограниченности применения существующей атомной энергетике больших мощностей только задачами производства электрической энергии. Необходимо принципиально расширить использование атомной энергетике на те области жизнедеятельности человека, которые недоступны атомной электроэнергетике больших мощностей. Речь идёт о распространении применения атомной энергетике в “неэлектрических” областях промышленности, коммунальном хозяйстве, медицине и т.д. Для данных применений востребованы малые энергомощности, обладающие в то же время существенно лучшими показателями безопасности (минимум на два порядка меньшими частотами плавления активной зоны и предельного выброса по сравнению с традиционными АЭС), такими, чтобы их можно было размещать непосредственно возле потребителя.

В то время как большинство развитых стран, в первую очередь Европы, под влиянием энергетического кризиса, вызванного неразумной монетарной политикой и антироссийскими санкциями, уже корректируют “зелёную” повестку, возвращая некоторую долю угольной генерации в свои энергетические балансы, проблемы изменения климата только усугубляются. Фактически сейчас Россия – одна из немногих стран, которые ещё способны решать глобальные задачи декарбонизации, причём со значительной выгодой для собственной экономики, благодаря своему лидерству в атомных технологиях и широким возможностям, открываемым широкомасштабным внедрением атомной энергетики малых мощностей. Её экономическая эффективность для России, помимо создания энергетической инфраструктуры освоения удалённых территорий с целью добычи природных ресурсов, обусловлена возможностью замещения природного газа. Высвобождающиеся его объёмы могут использоваться не только для сверхприбыльного в текущих условиях экспорта, но и в технологических процессах производства продуктов с высокой добавленной стоимостью, таких как удобрения, корма, пластмассы и другая высоколиквидная продукция газохимии.

ПРЕИМУЩЕСТВА МОДУЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ АСММ

По классификации Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) класс малых ядерных установок объединяет атомные станции малой мощности (АСММ), к ним относят установки электрической эквивалентной мощности менее 300 МВт [2–4]. Такие реакторы составляли основу ядерной энергетики на самых ранних этапах её развития, но затем возобладала тенденция к увеличению единичной мощности (для достижения экономических преимуществ, связанных с ростом масштаба), что привело к появлению проектов атомных электростанций мощностью 1000–1600 МВт. Именно они составляют основу современной мировой атомной энергетики.

В рамках принятого в конце 2000 г. МАГАТЭ международного проекта по инновационным ядерным реакторам и топливным циклам (ИНПРО) проводились исследования правового и институционального обеспечения атомных станций малой мощности [5, 6], было введено определение: “Транспортные атомные энергетические установки – это АСММ, жизненный цикл которых реализуется на единой транспортной платформе, а так же АСММ, монтируемые из транспортно-бальных модулей заводского изготовления на подготовленной площадке и таким же образом удаляемые с этих площадок”. Эта формулировка стала частным случаем предложенной летом 2013 г.

в ходе 6-го диалога-форума ИНПРО. Новое определение — “малые модульные реакторы” (small modular reactors) — используется для обозначения малой энергетики промышленного серийного производства [7, 8]. В целом реализация проекта ИНПРО позволила сформулировать требования к объектам малой атомной энергетики, включая инженерные и организационные решения, а также создать и апробировать методологию оценки соответствия установленным критериям устойчивого развития.

Модульная конструкция определяет следующие преимущества АСММ:

- снижение стоимости и сроков строительства за счёт более высокой степени заводского изготовления, эффекта серийности и сокращения строительных работ на площадке, в том числе благодаря подземному или заглублённому размещению;

- повышенные характеристики безопасности, в том числе естественной, за счёт смещения энергодбаланса между объёмным энерговыделением и поверхностным теплоотводом в сторону лучшего охлаждения при уменьшении размеров реактора (эти преимущества важны в случае проектной и запроектной аварии);

- снижение стоимости и сроков строительства за счёт оптимизации систем безопасности благодаря применению интегральной (блочной) компоновки первого контура, возможности полного отвода остаточных энерговыделений непосредственно от корпуса реактора;

- снижение стоимости и сроков строительства за счёт отказа от инфраструктуры обращения со свежим ядерным топливом, отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами на площадке размещения (если определено в проекте) и транспортировки АСММ для осуществления данных операций на заводе-изготовителе;

- концепция поставки потребителю АСММ в “неразборном” виде и транспортировка на завод-изготовитель для осуществления операций обращения с топливом позволяет обосновать возможность высвобождения таких установок из-под гарантий МАГАТЭ, лимитирующих обогащение топлива, и в итоге увеличить топливную кампанию и экономическую эффективность;

- возможность более гибкой встраиваемости в существующие энергосистемы и запросы потребителей;

- более короткий срок начала отдачи инвестиций за счёт поэтапного ввода энергомодулей;

- возможность государственно-частного партнёрства за счёт меньшего объёма инвестиций в строительство энергоблока и более быстрого срока отдачи;

- повышение надёжности энергоснабжения за счёт более низкого уровня риска полной остановки многомодульной станции;

- более низкие затраты (в том числе времени) на вывод из эксплуатации под “зелёную лужайку” благодаря возможности вывоза модулей целиком на завод для утилизации;

- возможность расширения рынка мирного применения атомной энергетики путём вовлечения в него тех сегментов, где ядерно-энергетические технологии пока не используются (в том числе благодаря возможности размещения в непосредственной близости от потребителя при повышенных характеристиках безопасности).

ПРОЕКТЫ ЛИНЕЙКИ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

К настоящему времени в России сложилось несколько востребованных направлений развития проектов АСММ в соответствии с их предназначением, спецификой требований заказчиков и потребителей.

АСММ для тепло- и электроснабжения удалённых территорий, в том числе изолированных посёлков и объектов в арктической зоне. Например, создание международных кроссполярных авиакоридоров над территорией России может иметь значительную коммерческую перспективу ввиду существенного сокращения пути. Так, протяжённость авиамаршрута Торонто—Гонконг при прохождении над полярными широтами сократится примерно на 20%, а время перелёта от Ванкувера до Дели — примерно на 3.5 ч. Подтверждена коммерческая эффективность трансполярных маршрутов как минимум 40 пар городов. Но в настоящее время пролёт воздушных судов над северными широтами России не имеет должного сопровождения, поэтому практически отсутствует в коммерческих масштабах. Такие полёты возможны при постоянном радиолокационном контроле со стороны наземных служб управления воздушным движением и наличии связи по всему маршруту в дополнение к спутниковой навигации, а для этого нужны надёжные и экономичные источники энергоснабжения соответствующего наземного оборудования. Внедрение АСММ для энергетической инфраструктуры кроссполярных авиакоридоров решает эту задачу. При этом оплата за наземное сопровождение перелётов может составлять не менее 1 долл. за километр.

В этом сегменте значительный потенциал внедрения имеют установки, обеспечивающие снабжение электрической и тепловой энергией удалённых посёлков и объектов, что, помимо создания энергетической инфраструктуры для промышленного освоения удалённых территорий, обеспечивает решение и экологических проблем,

особенно с учётом хрупкости арктической природы.

В числе определяющих требований к таким установкам укажем следующие:

- работа на локальный или местный (районный) сектор энергоснабжения¹ в расширенных режимах маневрирования мощностью;
- максимально возможный интервал между перегрузками топлива от 10 до 20 и более лет;
- когенерация электрической и тепловой энергии;
- экономическая эффективность по сравнению с другими источниками энергии (в основном с дизель-генерацией);
- наличие резервных дублирующих мощностей на случай отказа;
- эксплуатация с минимальным эксплуатационным персоналом или даже при его отсутствии (управление в этом случае осуществляется в режиме удалённого доступа);
- отсутствие инфраструктуры обращения с топливом на площадке размещения и транспортировка на завод-изготовитель для перегрузки (в основном для установок сверхмалой мощности²);
- весогабаритные характеристики энергетических модулей, обеспечивающие транспортировку, в том числе на собственной транспортной платформе, на удалённые территории с учётом отсутствия транспортной инфраструктуры.

Наиболее востребована линейка единичных энергоустановок 200 кВт – 100 МВт эквивалентной электрической мощности.

В предлагаемой концепции, вероятно, будет экономически оправданно применение химических (водородных) накопителей энергии для обеспечения экономически эффективных маневренных режимов [9], в первую очередь для установок сверхмалой мощности. При этом из накопленного водорода можно производить синтетическое моторное топливо по безуглеродной технологии, например аммиак из водорода и азота воздуха, или использовать водород непосредственно в транспортных средствах с водородными топливными элементами, что очень важно для удалённых посёлков и объектов, особенно в Арктике, где можно будет отказаться от северного завоза топлива и улучшить экологическую обстановку [10].

Подобные накопители могут выполнять и функции резервного источника энергии на случай аварии или отказа основного энергоисточника.

Внедрение проектов линейки АСММ для тепло- и электроснабжения удалённых территорий целесообразно начинать с арктических объектов специального назначения, поскольку, во-первых, для внедрения в гражданскую энергетику необходима референтность, которая наиболее быстро достижима на специальных объектах; во-вторых, при использовании имеющейся инфраструктуры специальных объектов появляется возможность сокращения затрат на физическую защиту для головного образца; в-третьих, для гражданских проектов АСММ отсутствует необходимая нормативная база, её созданию и внедрению будет способствовать успешный опыт эксплуатации АСММ на специальных объектах (головные образцы могут создаваться по соответствующим регистрам).

Тем не менее разработку проектов АСММ для энергоснабжения специальных объектов целесообразно сразу вести с учётом требований гражданской энергетики, в том числе экспорта. Кроме того, сервисная организация, обеспечивающая энергоснабжение специальных объектов, вероятно, не будет выступать эксплуатирующей организацией АСММ, на площадке спецобъекта возможна только покупка электрической и тепловой энергии по утверждённым тарифам. Такие АСММ станут по сути гражданскими объектами, их эксплуатацию будут осуществлять специалисты гражданской эксплуатирующей организации. Например, в США для энергообеспечения военной базы ВВС “Эйельсон” на Аляске планируется создание АСММ электрической мощностью 1–5 МВт. При этом атомная станция сверхмалой мощности будет находиться в коммерческой собственности, эксплуатироваться обученным персоналом владельца и лицензироваться Комиссией по ядерному регулированию (NRC). Таким образом, для обеспечения использования АСММ специальных и гражданских объектов на удалённых территориях (в Арктике) целесообразно создать самостоятельную эксплуатирующую организацию, так как принцип эксплуатации АСММ в режиме удалённого доступа отличается от регламентов, принятых на крупных энергетических объектах концерна “Росэнергоатом”.

Атомные энерготехнологические станции малой мощности (АЭТСММ) для производства высокопотенциального тепла и “кэптивного” водорода для промышленных потребителей. Металлургия, химическая, нефтехимическая промышленности и ряд других отраслей потребляют большие количества высокопотенциальной тепловой энергии (с температурой свыше 700°C), используемой в тех-

¹ Локальный – изолированный от энергосистем и других энергоисточников сектор энергоснабжения, состоящий из одного источника и одного или нескольких (энергоузлы) потребителей. Местный (районный) – централизованный сектор энергоснабжения, изолированный от единой энергосистемы и состоящий из нескольких источников и потребителей.

² Установки единичной эквивалентной электрической мощностью менее 10 МВт называют также атомными станциями сверхмалой мощности.

нологических процессах. Например, прямое восстановление железа синтезгазом на основе водорода происходит при температуре свыше 700°C, а с использованием наиболее распространённой в мире технологии Midrex (США) – при температуре около 1100°C. В настоящее время тепловая энергия для этих нужд производится в основном за счёт сжигания ископаемых углеводородных видов топлива (уголь, газ, мазут и т.д.), что сопровождается значительным загрязнением окружающей среды как парниковыми газами, так и другими продуктами сгорания топлива.

Кроме того, многие предприятия металлургической (получение сверхчистых металлов, бездоменная технология получения стали методом прямого восстановления из руды водородом и др.), химической, нефтехимической (очистка и крекинг нефти), фармацевтической и других отраслей промышленности потребляют значительное количество водорода в технологическом цикле. Сегодня этот газ производится преимущественно непосредственно на площадке крупного промышленного потребителя методом паровой конверсии метана, при этом до 50% метана сжигается для обеспечения необходимых температур, что сопровождается выбросом парниковых газов [11, 12].

В основном мощность подобного captive³ производства водорода на площадке промышленного потребителя составляет от 10 до 150 тыс. т/год, что вполне может быть получено на АЭТСММ. Так, Омский нефтеперерабатывающий завод АО «Газпром нефть» производит 12.3 тыс. т/год водорода, ПАО «Акционерная нефтяная компания «Башнефть» – 153 тыс. т/год, Оскольский электрометаллургический комбинат им. А.А. Угарова («Металлоинвест») – 250 тыс. т/год.

Применение АЭТСММ для снабжения крупных промышленных потребителей высокопотенциальным теплом и водородом может быть экономически оправдано по следующим причинам:

1) отсутствие выбросов в окружающую среду как на глобальном (парниковые газы, выброс которых может быть в скором времени жёстко квотирован международным законодательством), так и на местном уровне (загрязнение близлежащего населённого пункта, а это в основном крупные промышленные города, и окружающей территории ядовитыми продуктами сгорания ископаемого топлива и зольными отвалами, которые лимитируются федеральным и региональным законодательством);

2) отсутствие сильной волатильности мировой цены на ядерное топливо приводит к стабильности, предсказуемости и лучшей планируемости

³ Кaptiveный водород (от англ. captive – пленник) производится предприятиями для собственного потребления.

промышленной деятельности как с технологической, так и с экономической точек зрения;

3) снижение зависимости поставок критически важных для технологических процессов материалов от сторонних поставщиков и внешней конъюнктуры.

Возможно либо централизованное производство водорода на крупной атомной энерготехнологической станции с промежуточным хранением и транспортировкой промышленным и иным потребителям, либо captiveное – на АЭТСММ непосредственно на площадке крупного потребителя. При централизованном производстве наибольшую долю в конечной цене водорода для потребителя (до 70%) составляют операции по его хранению и транспортировке, что объясняется физическими свойствами газа (низкая плотность, низкая температура сжижения, высокая энергия взрыва и т.д.), соответственно экономически эффективно исключить эти операции из технологической схемы и производить водород непосредственно возле потребителя. Кроме того, при хранении и транспортировке по трубопроводам, в ёмкостях под давлением либо другими известными на сегодня способами существует значительная вероятность утечки водорода в окружающую среду из-за его высокой текучести, и этот фактор обязательно нужно учитывать, особенно при больших объёмах его производства, поскольку водород относится к парниковым газам.

Таким образом, ввиду отсутствия экономически и технологически приемлемых технологий хранения и транспортировки водорода более эффективно размещать ядерный источник для его производства на площадке промышленного потребителя (опасный объект), который, в свою очередь, сам очень часто располагается в непосредственной близости от крупных промышленных городов. Очевидно, что при использовании ядерного источника с целью производства высокопотенциального тепла для нужд промышленности возможно его размещение только на площадке потребителя. Это, как и размещение потенциально опасного производства рядом с АЭС, в настоящее время запрещено международными стандартами безопасности в области использования атомной энергии, а также внутрисоюзными нормами и правилами. Следовательно, чтобы ядерный энергоисточник высокопотенциальной тепловой энергии был допущен к размещению в непосредственной близости от промышленного потребителя, он должен обладать на порядки лучшими показателями безопасности, чем существующие энергоблоки (минимум на два порядка меньшими частотами плавления активной зоны и предельного выброса по сравнению с традиционными АЭС).

Кроме указанных основных направлений развития АСММ, существуют и другие, со своими требованиями к этим установкам [13]: АСММ для замещения угольной генерации; для замещения централизованных блоков большой единичной мощности несколькими модульными энергоблоками малой мощности, в том числе для распределённой генерации (расположение на нескольких площадках в пределах одной энергосистемы); для опреснения морской воды [14]; для энергоснабжения буровых платформ [15]; АСММ медицинского назначения для проведения нейтрон-захватной и нейтрон-соударной терапии раковых заболеваний непосредственно в лечебном учреждении [16]; АСММ для дожигания минорных актинидов и т.д.

В настоящее время в мире реализуются около 70 проектов АСММ, которые технологически можно разделить на два направления [17, 18].

Первое. Эволюционное развитие водо-водяных, в том числе кипящих, ядерных энерготехнологий поколения 3+, недостаточно полно отвечающих требованиям потребителей, но имеющих практический опыт эксплуатации (референтность) и возможность более быстрого выхода на рынок (CAREM, NuScale, ACP-100, IRIS и др.).

Второе. Разработка на основе энерготехнологий 4-го поколения, в том числе газовых, жидко-солевых, жидкометаллических и др., по своим свойствам более полно отвечающих потребностям потребителей, особенно в части повышенных требований по безопасности с возможностью функционирования в замкнутом ядерном топливном цикле, но не имеющих достаточной референции и отличающихся более длительным сроком появления коммерческого продукта (4S, HTR-PM, IMSR400, Rolls-Royce SMR, S-ПРИЗМА и др.).

В основном зарубежные проекты нацелены на замещение угольной генерации и создание распределённой генерации электроэнергии.

ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРЕДЛАГАЕМОЙ КОНЦЕПЦИИ

Для реализации предложенных подходов представляется целесообразным разработать установки на базе энерготехнологий поколения 4, включая *создание опытно-демонстрационного полигона на основе исследовательской атомной энерготехнологической установки (ИАЭТУ) для отработки технологий производства промышленного тепла и кэптивного водорода для промышленных потребителей. На опытном полигоне необходимо отработать следующие технологии:*

- АСММ для производства безуглеродного кэптивного водорода (тепла) и электричества, включая нормативную базу и обоснование конструктивных материалов;

- производства водорода методами высокотемпературного электролиза воды и термохимическими циклами разложения воды;

- бездоменного получения железа методом прямого восстановления из руды водородом и технологии получения чистых металлов и сплавов;

- радиационно-термического крекинга, водородного крекинга и водородной очистки нефти;

- безуглеродных технологий производства синтетического моторного топлива из водорода (аммиак, метанол и др.);

- подъёма тяжёлой нефти и реновации отработанных скважин.

ИАЭТУ должна быть тепловой мощности не менее 60 МВт, с температурой теплоносителя на выходе из активной зоны около 1100°C, обладать повышенными характеристиками безопасности и экономичностью. Для этих целей больше других подходит высокотемпературный газохлаждаемый реактор на быстрых нейтронах (в качестве прототипа – ядерная энергодвигательная установка мегаваттного класса, разработанная АО «Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники им. Н.А. Доллежала»), с гелий-ксеноновой смесью в качестве теплоносителя и молибденовым сплавом ТСМ-7 в качестве конструкционного материала [19, 20]. Опытное производство карбонитридного уранового топлива для ядерной энергодвигательной установки создано совместно АО «НИИ НПО «Луч» и АО «ГНЦ РФ Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского» и может быть использовано в целях получения топлива для ИАЭТУ.

В настоящее время концерном «Росэнергоатом» разрабатывается высокотемпературная газовая технология на тепловых нейтронах (с температурой газового теплоносителя 750°C) для широкомасштабного коммерческого производства водорода на атомных энерготехнологических станциях методом паровой конверсии метана. По сравнению с ней высокотемпературная быстрая газовая технология имеет ряд преимуществ: более высокий уровень температуры теплоносителя на выходе из активной зоны (1100°C), позволяющий реализовывать экономически и экологически эффективные технологии высокотемпературного электролиза воды и высокотемпературных термохимических циклов её разложения, а также обеспечивать промышленных потребителей высокопотенциальным теплом; более компактная активная зона; более высокая степень ядерной безопасности и отсутствие загрязнения углеродом-13; возможность работы в замкнутом ядерном топливном цикле.

Необходимо определиться с площадкой размещения опытного полигона для отработки технологий кэптивного производства водорода,

высокопотенциального тепла и других промышленных применений на основе исследовательской атомной энерготехнологической установки. С точки зрения предназначения установки возможные площадки её размещения – “Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика А.И. Забабахина”, где предполагается создать сертификационный центр водородных технологий мирового уровня и сформировать научный коллектив по водородным технологиям, либо упоминавшийся Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского, обладающий необходимой площадкой, исследовательской инфраструктурой, квалифицированным эксплуатационным персоналом, высвобождающимся при выводе из эксплуатации исследовательских реакторов АМ и БР-5 (10), а также научным персоналом, способным обеспечить успешную отработку вышеперечисленных и других технологий.

Создание *жидкосолевой реакторной установки с естественной циркуляцией топливной соли на основе FLiBe с прямым преобразованием тепловой энергии в электрическую мощностью до 500 кВт* на основе предложений НИЦ “Курчатовский институт” [21, 22] целесообразно рассмотреть в рамках задачи формирования энергетической инфраструктуры освоения удалённых территорий, включая Северный морской путь и трансарктические перелёты. Эта установка имеет ряд преимуществ, отвечающих требованиям к АСММ для тепло- и электроснабжения удалённых территорий:

- возможность работы без перегрузки топлива не менее 20–30 лет;
- высокая (до 700°C) температура топливной соли позволяет получить КПД преобразования тепловой энергии в электрическую до 10% с использованием каскадных сегментированных термоэлектрических преобразователей;
- отсутствие механически движущихся частей позволяет эксплуатировать установку дистанционно без персонала;
- отсутствие персонала позволяет применять шахтное размещение установки, изолированное от проникновения извне, с заменой постоянной охраны на спутниковое наблюдение;
- возможность использования установки в сочетании с двигателем Стирлинга⁴;
- масса единичного модуля не более 20 т (грузоподъёмность транспортного вертолёта) позволяет расширить географию размещения с достав-

⁴ Двигатель Стирлинга – тепловая машина, в которой рабочее тело в виде газа или жидкости движется в замкнутом объёме, разновидность двигателя внешнего сгорания.

кой на завод-изготовитель для замены топлива и вывода из эксплуатации.

Важно, что сейчас имеются рассчитанные на длительный ресурс конструкционные материалы на основе никеля для жидкосолевых реакторов с температурой топливной соли до 700°C. Это разработанные в США модифицированный сплав Хастеллой-Н и его российские аналоги ХН80МТЮ, ХН80МТЮБ, НМ20В3-ВИ и НМ20Ч3-ВИ, также хорошие результаты показали молибденовые сплавы МР47У-ВД и МВ10У-ВД.

На более долгосрочную перспективу, при появлении эффективных технологий хранения и транспортировки водорода, а также новых конструкционных материалов, целесообразно рассмотреть создание *высокотемпературного натриевого реактора большой мощности с температурой натрия на выходе из активной зоны 950°C* для централизованного безуглеродного коммерческого производства водорода методом высокотемпературного электролиза воды либо методом высокотемпературного термохимического цикла разложения воды [23].

Преимущества высокотемпературной натриевой технологии по сравнению с упоминавшейся высокотемпературной газовой технологией на тепловых нейтронах, разрабатываемой концерном “Росэнергоатом”, состоят в следующем: более высокая энергонапряжённость активной зоны, до 400 МВт(т)/м³ (высокотемпературный газовый реактор – до 9 МВт(т)/м³), соответственно гораздо более высокая производительность и низкая себестоимость производства водорода (эффект масштаба); значительно меньшие габариты реакторного блока (меньшие капитальные затраты); низкое давление в контуре теплоносителя (более низкая материалоемкость); более высокая температура теплоносителя, позволяющая реализовывать экономически и экологически эффективные технологии высокотемпературного электролиза воды и высокотемпературных термохимических циклов разложения воды; более высокая степень ядерной безопасности и отсутствие загрязнения углеродом-13; возможность работы в замкнутом ядерном топливном цикле. Главное достоинство натриевой технологии – возможность обеспечить естественную безопасность при минимизации систем безопасности, за счёт высокоэффективного отвода тепла конвекцией и теплопроводностью от ТВЭЛов к стенке корпуса и далее радиационно-конвективным теплообменом к атмосферному воздуху при оптимальном соотношении интенсивности объёмного энерговыделения к поверхностному теплоотводу. Выполненные расчёты показывают, что для АСММ надёжный теплоотвод осуществляется уже при температуре натрия не более 550°C.

Реализация предложенных проектов должна осуществляться на цифровой платформе с привлечением технологии цифрового двойника. Для этой задачи наиболее эффективно использовать цифровую платформу ЛОГОС, разработанную “Российским федеральным ядерным центром — Всероссийским научно-исследовательским институтом ядерной физики”, как наиболее продвинутую в данной области и отвечающую современным требованиям.

* * *

Развитие всей востребованной линейки атомных станций малой мощности — разносторонняя и достаточно затратная задача, её решение невозможно обеспечить силами одной госкорпорации “Росатом”. Необходимо также принять во внимание разнообразие реакторных технологий, удовлетворяющих требованиям для разных применений АСММ. Решение задачи подобного масштаба возможно только в рамках стратегической программы госкорпорации “Росатом” на базе широкой внутрироссийской кооперации с “Ростехом”, “Газпромом”, “Роснефтью”, металлургическими корпорациями и др., создания международных консорциумов с дружественными странами, как предложено академиком РАН Е.П. Велиховым в МАГАТЭ в 2008 г. [24].

Как было показано выше, для задачи кэптивного производства водорода и высокопотенциального тепла для промышленности предпочтительна высокотемпературная газовая установка на быстрых нейтронах, благодаря которой можно достичь требуемых технологических параметров и параметров безопасности. Однако сегодня как российскими, так и международными нормативами не допускается строительство объектов, использующих атомную энергию, непосредственно на территории опасных производств. Отсутствует нормативная база, требования к размещению, критериям и показателям безопасности и т.д. Отсутствуют также сертифицированные для применения на АЭС материалы, способные выдержать такого уровня температуры в присутствии агрессивных сред под действием излучения (кандидатные материалы существуют). Следовательно, реализацию нового направления следует начинать с создания опытно-демонстрационного полигона с исследовательской атомной энерготехнологической установкой, на которой можно обеспечить решение сложных вопросов. Для широкомасштабного централизованного коммерческого производства водорода по безуглеродной технологии более других подходит высокотемпературный натриевый реактор, а для инфраструктурных задач развития удалённых территорий — жидко-солевой реактор.

Таким образом, полномасштабное внедрение линейки АСММ в различных сферах жизнедеятельности человека для замещения технологий, использующих органическое сырьё, с целью глобальной декарбонизации мировой экономики и существенного снижения выбросов парниковых газов, представляет собой самостоятельную новую технологическую платформу атомной энергетики в дополнение к разрабатываемым на данный момент двум технологическим платформам — замкнутого ядерного топливного цикла с реакторами на быстрых нейтронах и управляемого термоядерного синтеза.

Создание новой технологической платформы на основе линейки АСММ потребует разработки и принятия стратегической программы госкорпорации “Росатом” по данному направлению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Clark M.A., Domingo N.G.G., Colgan K. et al. Global food system emissions could preclude achieving the 1.5° and 2°C climate change targets // Science. 2020. V. 370. Iss. 6517. P. 705–708.
2. Status of Innovative Small and Medium Sized Reactor Designs 2005: Reactors with Conventional Refuelling Schemes / Intern. Atomic Energy Agency. Vienna, 2006 (IAEA-TECDOC-1485).
3. Status of Small Reactor Designs without On-site Refueling / Intern. Atomic Energy Agency. Vienna, 2007. (IAEA-TECDOC-1536).
4. Small Reactors without On-site Refueling: General Vision, Neutronic Characteristics, Emergency Planning Considerations, and Deployment Scenarios: Final Report of IAEA Coordinated Research Project on Small Reactors without On-site Refueling / Intern. Atomic Energy Agency. Vienna, 2010 (IAEA-TECDOC-1652).
5. Сборник материалов и результатов исследования вопросов правового и институционального обеспечения транспортабельной атомной энергетики / Госкорпорация “Росатом”, НИЦ “Курчатовский институт”. М.: НИЦ “Курчат. ин-т”, 2013.
6. Кузнецов В.П. Жизненный цикл транспортабельных атомных энергетических установок и отдельные вопросы его правового и институционального обеспечения // Отчёт международного проекта ИНПРО. Вып. 3 / РИЦ КИ. М., 2009.
7. Small Modular Reactors: Nuclear Energy Market Potential for Near-term Deployment. OECD-NEA.org. 2016.
8. Small Modular Reactors: Challenges and Opportunities. OECD-NEA.org. 2021.
9. Тарасенко А.Б., Школьников Е.И. Водородный цикл и другие способы буферного аккумулирования электроэнергии для энергоустановок на солнечных батареях: сравнительный технико-экономический анализ // Тезисы докладов Второй Международной конференции “Технологии хранения водорода” (Москва, 28–29 октября 2009 г.). С. 43–44.

10. *Климентьев А.Ю., Климентьева А.А.* Аммиак – перспективное моторное топливо для безуглеродной экономики // Транспорт на альтернативном топливе. 2017. № 3 (57). С. 32–44.
11. *The Hydrogen Economy. Opportunities and Challenges.* Cambridge University Press, 2009.
12. *Журавлёв И.Б., Залужный А.А., Птицын П.Б.* Техно-экономические исследования (ТЭИ) по теме приоритетного направления научно-технического развития “Водородная энергетика” // М.: ЦАИР, частное учреждение “Наука и инновации”, 2021.
13. *Соловьев С.Л., Зарюгин Д.Г., Калякин С.Г., Лескин С.Т.* Определение основных направлений развития атомных станций малой мощности // Известия вузов. Ядерная энергетика. 2022. № 1. С. 22–31.
14. *Rouillard J., Rouyer J.* Technical and Economic Evaluation of Potable Water Production Through Desalination of Sea Water by Using Nuclear Energy and Other Means // Intern. Atomic Energy Agency. Vienna, 1992. (IAEA-TECDOC-666).
15. Сборник работ лауреатов международного конкурса научных, научно-технических и инновационных разработок, направленных на развитие и освоение Арктики и континентального шельфа. М.: Министерство энергетики Российской Федерации, ООО “Технологии развития”, 2014.
16. *Левченко В.А., Белугин В.А., Казанский Ю.А. и др.* Основные характеристики америциевого реактора для нейтронной терапии. Реактор “Марс” // Известия вузов. Ядерная энергетика. 2003. № 3. С. 72–82.
17. *Advances in Small Modular Reactor Technology Developments.* 2018 Edition. IAEA. https://aris.iaea.org/Publications/SMR-Book_2018.pdf
18. *Advances in Small Modular Reactor Technology Developments, A supplement to: IAEA Advances Reactors Information System (ARIS), 2020 Edition, IAEA, Vienna.* https://aris.iaea.org/Publications/SMR_Book_2020.pdf
19. *Драгунов Ю.Г.* Быстрый газоохлаждаемый реактор для космической ЯЭДУ мегаваттного класса // Конф. “Инновации в атомной энергетике – 2014”. М.: НИКИЭТ, 2014.
20. *Ловцов А.С., Селиванов М.Ю., Томилин Д.А. и др.* Основные результаты разработок Центра Келдыша в области ЭРДУ // Известия РАН. Энергетика. 2020. № 2. С. 3–15.
21. *Ковальчук М.В., Чайванов Б.Б., Абалин С.С., Фейнберг О.С.* Ядерный источник на жидких солях для Арктики // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика ядерных реакторов. 2018. Вып. 1. С. 61–69.
22. *Ковальчук М.В., Чайванов Б.Б., Абалин С.С. и др.* К вопросу выбора ядерного энергоисточника для Арктики // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика ядерных реакторов. 2020. Вып. 3. С. 4–12.
23. *Сорокин А.П., Калякин С.Г., Козлов Ф.А. и др.* Высокотемпературная ядерная энерготехнология на основе быстрых реакторов с натриевым теплоносителем для производства водорода // Атомная энергия. 2014. Т. 116. Вып. 4. С. 194–203.
24. *Reinforcing the Global Nuclear Order for Peace and Prosperity: The Role of the IAEA to 2020 and Beyond.* Report prepared by an independent Commission at the request of the Director General of the International Atomic Energy Agency. May 2008.

ЗАДАЧИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

© 2023 г. А. А. Ткаченко^{а,*}

^аИнститут исследований международных экономических отношений
Финансового университета при Правительстве РФ, Москва, Россия

*E-mail: alaltkachenko@gmail.com

Поступила в редакцию 05.06.2022 г.

После доработки 18.09.2022 г.

Принята к публикации 20.10.2022 г.

В статье анализируются проблемы национальной безопасности России, обусловленные демографическими и миграционными процессами. Рассмотрены решения, предложенные в “Стратегии пространственного развития РФ на период до 2025 года” и других стратегических документах. Объясняется, почему территории относят к геостратегическим, при этом уделяя особое внимание Дальнему Востоку и Арктической зоне. Исследуется значительная дифференциация регионов-субъектов по основным социально-демографическим показателям, отражающим уровень и качество жизни в них. Предметно рассматривая попытки определения депрессивных регионов, автор ставит вопрос о целесообразности возобновления разработки критериальной системы показателей для выравнивания степени развития регионов. Что касается миграционной безопасности страны, показаны возможные меры по сокращению оттока населения с территории Дальнего Востока. Обозначены две задачи стратегической важности, решение которых будет способствовать укреплению национальной безопасности, – сокращение смертности населения трудоспособного возраста и регулирование внутренних миграционных потоков.

Ключевые слова: пространственное развитие, национальная безопасность, дифференциация регионов, отток населения, внешняя миграция, ожидаемая продолжительность жизни, смертность населения трудоспособного возраста.

DOI: 10.31857/S0869587323020111, EDN: FDMMP

Одна из важнейших проблем национальной безопасности России – сокращение численности населения в результате отрицательного естественного прироста (депопуляции), который не возмещается положительным сальдо миграции. Обе эти составляющие динамики численности

населения (демографическая и миграционная) имеют разные характеристики в субъектах РФ, обусловленные комплексом причин объективного (природно-географические и экологические условия, уровень и качество жизни, федеральная политика субвенций и субсидий) и субъективного (политика региональной власти в области образования, здравоохранения, занятости, региональная помощь семьям)¹ характера. Начиная с “Программы социально-экономического развития РФ на период 2000–2010 гг.”, в различных документах законодательного и рекомендательного (концептуального) характера ставилась задача выравнивания уровня социально-экономического развития регионов и территорий страны, которая не



ТКАЧЕНКО Александр Александрович – доктор экономических наук, главный научный сотрудник ИнИМЭО Финансового университета при Правительстве РФ.

¹ Под субъективностью в данном случае автор понимает зависимость региональной политики в отношении перечисленных направлений от личности руководителя региона и частых изменений планов после его смены.

всегда корректно формулировалась, в том числе без учёта многочисленных причин отсталости отдельных регионов и ограниченности ресурсов государства. В текущих условиях бюджетного финансирования мы не затрагиваем негосударственные, прежде всего местные (муниципальные) ресурсы.

Такая задача была поставлена и в “Стратегии пространственного развития РФ на период до 2025 года” (утверждена распоряжением Правительства РФ от 13.02.2019 г. № 207-р, далее – Стратегия-2025). Её главные пункты охватывают ряд вопросов, которые уже были сформулированы в других нормативных и законодательных документах, в том числе обеспечение национальной безопасности Российской Федерации за счёт развития геостратегических территорий. В нормативных и законодательных актах можно выделить важные для национальной безопасности, а также для развития общества и экономики проблемы: угроза ухудшения демографической ситуации, неудовлетворительное состояние окружающей среды в большинстве крупных городов, миграционная подвижность населения, высокий уровень межрегионального социально-экономического неравенства [1].

В то же время в таких документах стратегического характера, как “Концепция демографической политики РФ на период до 2025 года” (Указ Президента РФ от 09.10.2007 г. № 1351) и “Концепция государственной миграционной политики РФ на 2019–2025 годы” (Указ Президента РФ от 31.10.2018 г. № 622) [2], ставятся задачи повышения миграционной привлекательности территорий и создания миграционной ситуации, которая способствует решению проблем в области пространственного и демографического развития страны². Стратегические национальные приоритеты определены в “Стратегии национальной безопасности Российской Федерации” (Указ Президента РФ от 02.07.2021 г. № 400) как необходимость комплексных мер по преодолению негативных демографических тенденций, решению проблем в области здравоохранения, которые отнесены к системным, по улучшению состояния окружающей среды и, наконец, снижению уровня бедности (п. 14). Подробнее о тесном взаимодействии экономических и внеэкономических факторов национальной безопасности рассказано в работе [3]. Последняя из перечисленных задач обуславливает необходимость уменьшения расслоения российского общества по уровню до-

ходов, которое имеет чётко выраженную региональную дифференциацию [4].

На сайте Федерального Правительства РФ (<http://government.ru/rugovclassifier/4/main/>) под государственной демографической политикой понимаются только меры по стимулированию рождаемости, включая развитие репродуктивных технологий. О.Б. Иванов и Е.М. Бухвальд отмечают, что раздел “Сбережение народа России и развитие человеческого потенциала” новой Стратегии национальной безопасности (2021) не указывает на угрозы для страны и её граждан, а затрагивает лишь устойчивость системы здравоохранения и необходимость предупреждения биологических угроз [5], хотя сбережение населения, безусловно, должно подразумевать соответствующий демографический курс, а отток людей, несмотря на стимулирование миграции, не только угрожает безопасности страны, но и препятствует развитию человеческого потенциала.

Стратегические национальные приоритеты обеспечиваются различными видами государственной политики: социальной (включая демографическую, миграционную, здравоохранительную, политику социальной защиты), макроэкономической, экологической и региональной, в которой вопросы убыли населения вследствие отрицательного естественного прироста и миграционного оттока должны быть приоритетными. Рассмотрим демографические и миграционные проблемы России и их взаимосвязь с позиции национальной безопасности.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

От решения стратегических и локальных вопросов пространственного развития России, которая по площади более чем в 1.7 раза превышает такие крупнейшие государства, как Канада, США и Китай, зависит долгосрочная перспектива изменений её социальной, экономической, демографической и экологической сфер. Это особенно касается безопасности тех субъектов, где отсутствует тренд устойчивого роста, без чего нельзя говорить о гарантиях национальной безопасности. Кроме того, экологическая нагрузка, связанная, например, с пожарами весной 2022 г., ложится тяжёлым бременем на регионы к востоку от Урала, в частности, на бедные районы в их составе и места проживания коренных народов, где уже зафиксированы большие объёмы выбросов и загрязнения.

Способствовать решению проблем пространственного развития в среднесрочной перспективе могла бы Стратегия-2025, которая разрабатывалась на протяжении долгого времени и должна была основываться на соответствующей програм-

² Отметим, что для стратегических документов слишком часто менялись демографические и миграционные концепции. Так, в 2001 г. принята “Концепция демографического развития РФ до 2015 года”, в 2007 г. – “Концепция демографической политики РФ до 2025 года”, в 2014 г. утверждён новый вариант с изменениями и дополнениями.

ме, подготовленной Российской академией наук [6, 7]. К сожалению, многие её положения свидетельствуют о просчётах, связанных с игнорированием или непониманием важности ряда составляющих национальной безопасности любой страны. Неслучайно в работе Е.М. Бухвальда и О.Н. Валентик констатируется, что Стратегия-2025 “не даёт целостного представления о желаемом направлении развития городской среды в стране” [8, с. 5], хотя сбалансированность пространственного развития обеспечивается, по мнению авторов Стратегии, путём развития городских агломераций, малых и средних городов, сельских территорий, что могло бы снизить отток населения оттуда. Хотя национальная безопасность подразумевает, исходя из концепций, сохранение и даже увеличение численности населения пограничных/геостратегических территорий, реальные программы могут быть связаны, с нашей точки зрения, только с остановкой или хотя бы уменьшением оттока. В работе В.И. Лаженцева [9] сделан вывод о необходимости перехода к новой модели пространственного развития России с учётом специфики демографических и миграционных процессов, без чего вряд ли можно говорить о комплексном подходе к проблеме.

Первым и удачным, по оценке Л.В. Волкова [10], системным исследованием в данной области стала монография “Фундаментальные проблемы пространственного развития Российской Федерации: междисциплинарный синтез” [11]. В то же время её автору “всё-таки не удалось достичь методологического единства” [10, с. 171]. Ещё одним хорошим примером комплексного исследования служит монография “Вызовы и политика пространственного развития России в XXI веке” [12]. Здесь вводится термин “демографическое геопространство”, который, однако, рассматривается очень узко — только с позиции численности населения. Проблемы демографической составляющей в геостратегических регионах, в том числе с точки зрения национальной безопасности как самих территорий, так и государства в целом, не анализируются, как и миграция населения — акцент сделан лишь на модернизации экономики и размещении производительных сил.

Более полно демографические проблемы представлены в докладе Арктического совета, вышедшем в 2014 г. [13]. Все демографические и миграционные вопросы анализируются в динамике применительно к арктическим территориям, что помогает видеть весь комплекс проблем пространственного развития каждой из национальных территорий восьми арктических государств. Сам Арктический совет как важная институция и часть инфраструктуры мировой Арктики, значение которой рассмотрено Б.Х. Краснопольским [14] на примере российско-американского Совета Берингова/Тихоокеанско-Арктического реги-

она (в работе [15] — Берингов/Тихоокеанско-Арктический совет), играет важную консолидирующую роль для исследователей разных стран.

Чаще всего о Стратегии пространственного развития говорят в связи с пространственной организацией экономики [16, 17]. Несмотря на пристальное внимание именно к экономическим и социальным вопросам пространственного развития, в отечественных исследованиях многие важные проблемы остаются нерешёнными и даже критериально не определёнными. Так, с середины 1990-х годов Правительство РФ по решению парламента разрабатывало положение и соответствующий закон о депрессивных регионах. Попытка выбора обособленных и взаимосвязанных критериев и индикаторов выделения таких регионов фактически провалилась [18, с. 67]. Обращение к задаче выравнивания экономического развития регионов и уменьшения их дифференциации предполагает, как представляется, возврат к понятию “отстающих” или “менее развитых” регионов, которое бы содержало набор соответствующих критериев. Низшую ступень заняли бы “депрессивные регионы”, поддержка которым должна оказываться в первую очередь с привлечением механизма федеральных субвенций и дотаций. Иерархический подход к выравниванию уровня развития может способствовать изменению потоков миграции. (К сожалению, ни в одном официальном документе не говорится о мере такого выравнивания, а ведь это важно, так как полностью преодолеть дифференциацию регионов/территорий по уровню развития невозможно).

МИГРАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И НАЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Внутренняя миграция в России характеризуется устойчивой тенденцией оттока населения из регионов, имеющих стратегическое значение для государства, где и так наблюдаются недостаток рабочей силы и низкая плотность населения. Прежде всего это регионы Дальнего Востока и Арктической зоны, которые очень важны с точки зрения национальной безопасности России. Это геостратегические территории, понятие которых введено в Стратегии-2025. Несмотря на принимаемые меры (например, программу переселения соотечественников), приоритетность указанных регионов в различных национальных проектах, целях развития и стратегиях, не удаётся нейтрализовать отток и тем более добиться прироста населения на этих территориях. Государство придаёт большое значение внешней миграции, которая может нивелировать отрицательный естественный прирост и сокращение численности населения в субъектах. Однако часто роль миграции и

возможности достижения положительного сальдо преувеличиваются.

Продолжающийся отток людей с территорий, из без того отличающихся низкой плотностью населения и недостатком рабочей силы, в регионы с более благоприятным климатом, экологической обстановкой, более высоким уровнем жизни — одна из самых обсуждаемых, но, к сожалению, нерешённых проблем безопасности России [19]. Среди важных причин оттока населения — низкий уровень развития транспортной инфраструктуры и плохое сообщение с другими населёнными пунктами. Подобная ситуация сложилась на Дальнем Востоке и Севере страны. В этих регионах продолжается потеря населения в результате миграции, что усугубляется отрицательным естественным приростом. Федеральная служба государственной статистики (Росстат), следуя устоявшейся практике приоритетного внимания к Арктике и Крайнему Северу, параллельно опубликовала два вида данных: “Экономические и социальные показатели районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей в 2000–2020 годах” и официальную информацию о социально-экономическом развитии Арктической зоны. Последнее, по сообщению Росстата, было сделано в связи с принятием “Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года”. Сведения из этих двух источников, разумеется, полезны, но напрямую не сопоставимы.

По данным Арктического совета, отток населения из Арктической зоны наблюдался в 2000-е годы в Нунавуте (Канада), Гренландии, Ямало-Ненецком, Таймырском, Чукотском автономных округах, Мурманской области. Среди российских арктических регионов только в Ненецком АО миграционное сальдо было положительным, как и в арктических регионах Канады, США и Исландии [13, р. 56]. В настоящее время эти тенденции сохраняются: вся российская арктическая зона³ продолжает терять население, за исключением Ненецкого АО, где положительное сальдо миграции стало в 2016–2018 гг. отрицательным (коэффициент миграционного прироста от –5.3 до –8.9 промилле), однако затем положительный прирост за счёт миграции возобновился (данные Росстата). В 2021 г. впервые в XXI в. отмечен приток населения в Ямало-Ненецкий АО, что привело к уменьшению отрицательного среднего коэффициента миграционного прироста по всем арктическим территориям до –1.0 [20], но этот

³ Сведения относятся к соответствующим муниципальным образованиям субъектов или к субъектам РФ, вся территория которых включена в сухопутную территорию Арктической зоны России.

усреднённый показатель, как представляется, малоинформативен.

Указ Президента РФ от 21.07.2020 г. № 474 “О национальных целях развития РФ на период до 2030 года” связывает задачу “прорывного развития страны” как с ростом численности населения, так и с повышением его уровня жизни и называет создание комфортной и безопасной среды для каждого человека (семьи) одной из национальных целей развития. Успешность достижения этой цели к 2030 г. — довольно сложный практический и даже теоретический вопрос, так как человек и группа, к которой он принадлежит (социальная, демографическая, территориально-географическая), по-разному представляют уровень жизненного комфорта. Кроме того, с ростом уровня жизни семей (домохозяйств) повышаются и требования к комфорту. Поэтому комфортная среда должна определяться (как и социальная изолированность, возникающая из-за бедности) как объективными индикаторами, отражающими в основном качество жизни на конкретной территории, так и субъективными — с точки зрения представлений людей о комфорте, включая производственную среду [21].

Миграция, особенно внешняя, меняет качество народонаселения [22] и человеческий капитал [23, 24] данного региона (субъекта) и государства в целом, поэтому столь важно не только обеспечить социальную и экономическую интеграцию мигрантов в принимающее сообщество, но и установить законодательные меры для проведения политики по привлечению контингентов определённого качества (образование, квалификация, мастерство, навыки). Так называемая селективная политика по отношению к трудовым мигрантам проводилась ещё в последние десятилетия XX в. и продолжается сейчас во всех странах мира, давая преимущества для высококвалифицированных иностранных специалистов и выпускников университетов.

Внешняя миграция. Экономическое значение внешней трудовой миграции исследуется в отечественных работах с двух противоположных позиций. В первом случае акцент делается на негативных последствиях миграционного притока — напряжённости на рынке труда и увеличении нагрузки на социальную сферу [25]. Во втором — на позитивном влиянии иммиграции для экономики в условиях недостатка рабочей силы [26–28]. Региональный аспект влияния международной миграции на рынки труда более сложен, так как миграционные потоки устремляются на территории, не испытывающие напряжённости на рынке труда в целом, но имеющие дефицит работников отдельных профессий, а также ниши, по ряду причин не занятые местным населением (низкая зарплата, плохие условия труда и др.).

Различия ситуации по регионам могут вызывать негативное отношение к внешней миграции, хотя мигранты в основном направляются в успешно развивающиеся регионы, где существует высокая потребность как в низкоквалифицированной рабочей силе, так и в высококвалифицированных специалистах.

Для проведения эффективной миграционной политики, гарантирующей в совокупности с системой регулирующих законодательных актов миграционную безопасность страны, требуются соответствующие институциональные формы регулирования миграции. В России эти формы (институты) в последние два десятилетия претерпевали неоднократные изменения, что, несомненно, препятствовало и продолжает препятствовать выработке более эффективной миграционной политики. Важная институциональная форма — государственные концепции. Первая “Концепция государственной миграционной политики Российской Федерации на период до 2025 года” (2012) была заменена на новую задолго до окончания её действия. Подробное исследование её краха провели М.Б. Денисенко и О.С. Чудиновских, которые в своих выводах предполагали её дальнейшее уточнение, а не полную замену [29]. Очередную миграционную концепцию на 2019–2025 гг., принятую в 2018 г., подробно рассмотрел В.В. Комаровский, отметивший “переход от перечисления всех мыслимых проблем в сфере регулирования миграции к выделению наиболее важных направлений” [30, с. 140].

Предпринята попытка привлечения мигрантов (прежде всего на постоянное место жительства) за счёт русскоязычного населения, оставшегося на территориях государств постсоветского пространства и потомков выходцев из России, покинувших её в XX в. вследствие различных социальных катаклизмов. Для этого была создана “Государственная программа по оказанию содействия добровольному переселению в РФ соотечественников, проживающих за рубежом” (2006), которую объявили приоритетным направлением совершенствования миграционной политики. Предполагается возместить отток населения со “стратегически важных для России территорий”, к которым относятся все приграничные регионы. Этот термин вошёл в Стратегию-2025 как “геостратегические районы”. Второй термин — “территории приоритетного заселения”, к которым относятся все регионы Дальнего Востока, население которых за 2000–2020 гг. сократилось на 10.3%, причём отток всё ещё продолжается [27]. Здесь в соответствии с программой и должны расселяться соотечественники. Разумеется, им предоставляется право выбора из списка территорий. Однако программе не сопутствовала удача: во-первых, большинство регионов, намеченных для расселения мигрантов, не изъявили желания

их принимать и создавать соответствующую инфраструктуру; во-вторых, были явные просчёты в оценке реального потенциала готовых к переезду соотечественников из стран СНГ. Реализация этой программы подробно проанализирована в работе [31].

Период 1990-х годов, когда потоки мигрантов возросли на всём постсоветском пространстве, особенно в Россию, достаточно полно освещён как в западной [32], так и отечественной литературе с разных, часто полярных точек зрения. Российских исследователей больше всего волновал вопрос “утечки мозгов” [33], которая началась с выезда учёных естественнонаучных направлений и анализировалась отдельными специалистами как не позволяющая “серьёзным образом реализовывать основные направления технологической и экономической безопасности нашей страны” [34, с. 239].

Характерно, что в российских концепциях и программах по миграции не ставились количественные цели, к которым стремится государство. Впервые они были обозначены в “Концепции демографической политики РФ на период до 2025 года” (Указ Президента РФ от 09.10.2007 г. № 1351, ред. от 01.07.2014 г.), согласно которой к 2016 г. надо было достичь положительного сальдо миграции не менее 200 тыс. человек в год⁴ [35]. Уже при существовании ЕАЭС в 2018 г. Россия приняла новую “Концепцию государственной миграционной политики РФ на 2019–2025 годы” взамен утверждённой в 2012 г., которая имела тот же срок действия и постулировалась как система взглядов на содержание, принципы и основные направления деятельности в сфере миграции. Новая концепция объявляет целью миграционной политики формирование отвечающей интересам России миграционной ситуации. Возникает вопрос: какая ситуация отвечает интересам страны в отличие от целей предшествующей концепции и учитывает ли этот посыл интересы как приоритетных регионов России, так и других стран ЕАЭС? Принимаются ли во внимание также интересы стран СНГ, ведь миграция в Россию из этого субрегиона является преобладающей и заметных изменений в ней как качественного, так и количественного характера не происходит. Но главная проблема состоит в том, что механизмы политики в новой концепции сводятся лишь к одной задаче — определить условия предоставления российского гражданства. Для концептуальной основы миграционной политики этого недостаточно, тем более что интересы национальной безопасности страны требуют селективности, открывающей дорогу прежде всего высококвалифицированной рабочей силе.

⁴ В 2020 г. сальдо внешней миграции (миграционный прирост) составило, по данным Росстата, –12.4 тыс. человек.

Учебная миграция молодёжи представляет собой самостоятельный феномен как особый вид мобильности населения. Среди общей миграции в РФ и других странах – членах ЕАЭС она занимает весомое место. За 2010–2020 гг. численность студентов из стран ЕАЭС в российских вузах увеличилась на 41.5%, но при этом доля студентов из стран ЕАЭС и СНГ среди всех иностранных студентов снижалась. В этот период контингент иностранных студентов (преобладали граждане Казахстана, их доля в 2020/21 учебном году составила 78.4%) пополняли уроженцы Казахстана и Киргизии, а из Армении и особенно из Белоруссии поток уменьшился (рассчитано по [36]). Среди стран Центральной Азии, которые занимают ведущее место в учебной миграции в Россию, лидирует Узбекистан. Число студентов оттуда выросло за указанный период в 4.7 раза, но по абсолютной численности этот показатель отставал от Казахстана на 15 тыс. человек [36, с. 205], хотя молодёжи в возрасте 15–24 лет в Узбекистане в 2.2 раза больше, чем в Казахстане. Учитывая большие масштабы трудовой миграции в Россию из Узбекистана, можно сделать вывод о взаимной заинтересованности в увеличении контингентов узбекской молодёжи, получающей в России профессиональную подготовку. Ответственным за это российским институциям необходимо осознать важность принципа наибольшего содействия и увеличить размер помощи в этой области сотрудничества, включая расширение курсов русского языка на родине будущих студентов.

Национальная безопасность РФ в определённой степени зависит от изменения политики стран ЕАЭС, особенно Центральной Азии, в отношении человеческого капитала молодых поколений, которым необходимо гарантировать более высокий уровень социализации, здоровья и образования. Национальная политика каждой страны должна учитывать существующие взаимосвязи и взаимозависимости в рамках объединения, а странам с более высоким уровнем душевого дохода и ВВП (Россия, Казахстан) целесообразно предусмотреть в своих программах расширение участия в развитии систем образования стран ЕАЭС с высокой рождаемостью.

ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Демографический кризис, подрывающий национальную безопасность, свидетельствует о необходимости изменений в иерархии задач и целей демографической и социальной политики, направленной “на преодоление негативных демографических тенденций и решение системных проблем в области здравоохранения” (Указ Президента РФ от 02.07.2021 г. № 400 “О Стратегии национальной безопасности Российской Феде-

рации”, п. 14). Как представляется, приоритетом не может быть задача устойчивого роста численности населения за счёт увеличения рождаемости. В национальном проекте “Демография” и посланиях Президента РФ Федеральному собранию говорится, что суммарный коэффициент рождаемости должен достичь 1.7⁵. Даже если бы такой уровень был достижим, он всё равно не обеспечил бы даже простого воспроизводства населения (для этого суммарный коэффициент рождаемости должен составить более 2.1), не говоря уже о расширенном. По среднему варианту прогноза в 2036 г. он составит лишь 1.579, а по высокому – 1.738 (<https://rosstat.gov.ru/folder/313/document/72529#:~:text=>).

Большинство специалистов и исследователей, основываясь на опыте многих развитых стран, десятилетиями проводивших политику поощрения рождаемости, придерживаются мнения об очень низкой её эффективности, несмотря на значительное финансирование (например, во Франции). Об этом свидетельствует уровень рождаемости, не обеспечивающий во всех развитых странах расширенного воспроизводства населения. Поэтому целесообразно переориентировать финансирование государственной политики по проекту “Демография” на здравоохранительный курс, сделав центральным пунктом снижение смертности населения трудоспособного возраста, прежде всего мужчин⁶. Это крайне важный вопрос национальной безопасности, а не только сбережения жизней, который не решается начиная с 1970-х годов [37]. Тезис о повышенной мужской смертности был высказан ещё в 1960-е годы крупнейшим отечественным демографом Б.Ц. Урланисом, который считал, что расходы на здравоохранение должны иметь приоритет перед всеми другими расходами [38, с. 180, 181]. Сохранение жизней мужчин в возрасте 18–65 лет поможет уменьшить убыль населения, сократить расходы государства на медицинское страхование и увеличить человеческий капитал за счёт одной из важнейших его составляющих.

Повышению национальной безопасности будет способствовать уменьшение смертности населения, проживающего на геостратегических территориях, в частности на приграничном Дальнем Востоке. Согласно Стратегии-2025, геостратегической считается “территория в границах одного или нескольких субъектов РФ, имеющая существенное значение для обеспечения устойчивого социально-экономического развития, территориальной целостности и безопасности РФ,

⁵ Число родившихся детей в расчёте на одну женщину. По прогнозу Росстата показатель снизится до 1.415 в 2025 г. и лишь с 2026 г. станет увеличиваться.

⁶ Здесь не затрагивается вопрос негативных изменений в уровне смертности населения в связи с пандемией COVID-19.

Таблица 1. Ожидаемая продолжительность жизни мужского (М) и женского (Ж) населения России и её регионов, лет [36, с. 101; 43; 44, с. 90, 95]

Год	1989–1990		2000		2019		2020	
	Ж	М	Ж	М	Ж	М	Ж	М
Всё население	74.4	64	72.3	59.0	78.17	68.24	76.43	66.49
Городское	74.4	64.6	72.5	59.4	78.41	68.56	76.61	66.67
Сельское	74	62.3	71.7	58.1	77.39	67.36	75.82	65.97
Ингушетия (максимум)	77.7*	67.9*	77.4	67**	86.27	80	84.61	77.43
Тыва (минимум)	67.8	57.3	61.5	49.7	72.47	62.51	70.38	61.95

Примечание: показатели за 1989–1990 гг. приведены по Демографическому ежегоднику России; *Дагестан (показатели Чечено-Ингушской АССР в 1989–1990 гг. были ниже показателей Дагестана на 5.2% и 3.8% соответственно); ** округление до целых – Росстата.

характеризующаяся специфическими условиями жизни и ведения хозяйственной деятельности” (с. 2). Ряд авторов считает, что “выделение в Стратегии приоритетных геостратегических территорий следует признать одним из немногих действительно важных её достоинств” [39, с. 138]. В то же время это определение несколько размыто и требует расшифровки термина “существенное значение” и установления его критериев, а также ответа на вопрос: как связать специфические условия жизни и ведения хозяйственной деятельности с безопасностью РФ? Самое важное: надо ли проводить особую государственную политику в отношении каких-либо сфер или аспектов на геостратегических территориях, например, в условиях кризисной демографической ситуации? Уровень смертности населения значительно дифференцирован по стране [40, 41], что указывает не только и не столько на неблагоприятные природно-географические условия отдельных регионов, сколько на различия в качестве и уровне жизни, экологического благополучия, здравоохранительной инфраструктуры регионов и даже районов внутри одного региона.

Без снижения смертности и заболеваемости, во-первых, невозможно достичь целевого показателя продолжительности жизни (78 лет), установленного Указом Президента РФ в рамках национальной цели “Сохранение населения, здоровье и благополучие людей” [42]. Во-вторых, без этого не получится снизить инвалидизацию населения, которая слишком высока не только для государства с показателем валового национального дохода на душу населения выше среднего уровня по градации Всемирного банка, но и для социального государства. В-третьих, повышенная смертность российского мужского населения трудоспособного возраста по сравнению с женским, которую Б.Ц. Урланис определил как сверхсмертность, свидетельствует о необходимости специальной политики, воспитывающей у подрастающего поколения витальное, самоохранительное

поведение, что тесно связано с национальной безопасностью. Общеизвестно, что уникальным демографическим индикатором, отражающим динамику социально-экономического развития, служит показатель ожидаемой продолжительности жизни населения, который относят к социодемоэкономическим показателям, аккумулирующим все условия жизнедеятельности человека, включая здоровый образ жизни и качество окружающей среды. По этой причине до регресса показателя, связанного с пандемией COVID-19, шесть северокавказских республик были лидерами среди всех субъектов РФ, несмотря на более низкие номинальные доходы в них.

Данные таблицы отражают беспрецедентный для мирного времени демографический кризис в России в 1990-е годы. В то время ожидаемая продолжительность жизни мужского и женского населения (городского и сельского) уменьшилась в регионах как с высокими показателями, так и особенно сильно – с низкими. Цифры 2019 г. приведены для иллюстрации катастрофически резкого сокращения продолжительности жизни в результате пандемии COVID-19, последствия которой не смогла смягчить существующая система здравоохранения [45, с. 91–93]. За 30 лет постсоветского развития разница в показателях между мужским и женским населением (а у нас этот разрыв – один из самых значительных в мире) сократилась очень незначительно – на 0.7 года, что составляет менее 7% по отношению к 1990 г. Резкая дифференциация в смертности и продолжительности жизни мужчин и женщин особенно наглядна на примере регионов с самым высоким и самым низким показателями. Так, среди женского населения разрыв между полярными регионами составляет 13.8 года, а среди мужского – 17.49 года, то есть на 3.7 года больше. В течение последних 30 лет разрыв сокращался, хотя и очень медленно, но пандемия вызвала более резкое его увеличение в регионе с лучшими показателями: если в 2019 г. в Ингушетии разница составляла 6.3 года,

то в 2020 г. она увеличилась до 7.2 года. На протяжении более чем 30 лет удручающая ситуация сохраняется в геостратегически важном субъекте РФ – Республике Тыва (здесь же один из самых высоких уровней младенческой смертности среди российских регионов). Среди федеральных округов минимальный уровень продолжительности жизни фиксируется в Дальневосточном округе (2020): 74.49 (падение на 1.08 года по сравнению с 2019 г.) у женского и 64.03 года у мужского населения (падение на 0.96 года), то есть ниже новой границы пенсионного возраста для мужчин [46, с. 82, 84]. Следовательно, в самом важном для национальной безопасности округе наихудшие условия жизни. Поэтому закономерен отток населения, которому не создаются равные со среднероссийскими условия жизни ни по обеспеченности транспортной инфраструктурой [47, с. 77–100], ни по качеству государственной здравоохранительной системы.

Вопрос о влиянии системы охраны здоровья на демографические процессы и о важности специальной государственной политики поднимался ещё в дореволюционный период развития российской экономики, но и после перехода к рыночным отношениям так и не была создана надлежащая модель медицинского обеспечения [48]. Таким образом, ситуация, характерная для Дальнего Востока во всех важнейших областях жизнедеятельности общества (демографической, экономической, социальной и экологической), закономерно стимулирует отток населения, который не может быть остановлен, а тем более изменён на приток только мерами национальных проектов, хотя в них специально оговорён принцип преимущественного развития регионов Дальнего Востока. Необходима новая программа-стратегия (непреренно долгосрочного характера) социально-экономического и экологического развития Дальнего Востока взамен существующей “Стратегии социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года” (распоряжение Правительства РФ от 28.12.2009 г. № 2094-р). Последняя устарела и во многом расходится как с общефедеральной Стратегией-2025, так и с принятым в соответствии с Указом Президента РФ 2020 г. новым горизонтом стратегического планирования до 2030 г. Замедление в принятии новой стратегии ослабляет национальную безопасность региона.

* * *

Исследование двух важных составляющих национальной безопасности страны – демографической и миграционной динамики – свидетельствует о необходимости внесения изменений в демографическую и миграционную политику России, а также в социальную политику в целом.

К сожалению, такой установки “Стратегия пространственного развития РФ на период до 2025 года” не содержит. Она нуждается в корректировке, для усиления национальной безопасности страны необходимо, кроме того, разработать региональные стратегии пространственного развития, учитывающие миграцию населения.

Для России – при всей важности для национальной безопасности миграционной политики – первоочередной задачей необходимо считать снижение мужской сверхсмертности, что требует от Правительства РФ разработки и реализации стратегии, основанной на долгосрочной здравоохранительной политике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия-2025. Р. III. Основные проблемы пространственного развития Российской Федерации. <http://static.government.ru/media/files/UVAlqUfT08o60RktoOXI22JjAe7irNxc.pdf>
2. <http://www.kremlin.ru/catalog/keywords/32/events/58986> (дата обращения 20.07.2021).
3. Бухвальд Е.М. Стратегии безопасности и развитие федеративных отношений в России // Федерализм. 2022. № 1 (105). С. 96–112.
4. Зубаревич Н.В. Неравенство регионов и крупных городов России: что изменилось в 2010-е годы? // Общественные науки и современность. 2019. № 4. С. 57–70.
5. Иванов О.Б., Бухвальд Е.М. Национальная безопасность России: новые проблемы и новые приоритеты // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. 2021. № 4. С. 7–24.
6. Гранберг А.Г. О Программе фундаментальных исследований пространственного развития России // Регион: экономика и социология. 2009. № 2. С. 166–178.
7. Суспицын С.А. Концепция и методология измерения устойчивых пространственных трансформаций экономики России // Регион: экономика и социология. 2009. № 4. С. 32–54.
8. Бухвальд Е.М., Валентик О.Н. Города в пространственном развитии российской экономики // Региональная экономика. Юг России. 2021. № 3. С. 4–15.
9. Лажнецов В.Н. Арктика и Север в контексте пространственного развития России // Экономика региона. 2021. № 3. С. 737–754.
10. Волков Л.В. Опыт междисциплинарного исследования российского пространства (о книге “Фундаментальные проблемы пространственного развития Российской Федерации: междисциплинарный синтез”) // Пространственная экономика. 2014. № 3. С. 168–173.
11. Фундаментальные проблемы пространственного развития Российской Федерации: междисциплинарный синтез / Отв. ред. В.М. Котляков. М.: Медиа-Пресс, 2013.
12. Вызовы и политика пространственного развития России в XXI веке / Под ред. В.М. Котлякова, А.Н. Швецова, О.Б. Глезер. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2020.

13. Arctic Human Development Report. Regional Processes and Global Linkages. Copenhagen: Nordisk Ministerråd, 2015. <https://doi.org/10.6027/TN2014-567>
14. Краснопольский Б.Х. Институциональная инфраструктура пространственно-хозяйственных образований Арктики // Экономика региона. 2022. № 2. С. 353–368.
15. Krasnopski B.H. Bering/Pacific-Arctic Council (BPAC): Russian-American Ecological and Social-Economic Cooperation at the Junctions of the North Pacific and Arctic Oceans and the Eurasian and North American Continents // Journal of Economic and Business Studies. 2020. V. 3. Iss. 1. P. 146.
16. Минакир П.А. “Стратегия пространственного развития” в интересах концепций пространственной организации экономики // Пространственная экономика. 2018. № 4. С. 8–20.
17. Лаврикова Ю.Г., Суворова А.В. Оптимальная пространственная организация экономики региона. Поиск параметров и зависимостей // Экономика региона. 2020. № 4. С. 1017–1030.
18. Ткаченко А.А. Критерии депрессивности регионов // Вестник Московского университета. Серия 5 “География”. 1996. № 4. С. 66–72.
19. Рязанцев С.В., Моисеева Е.М. Миграция в контексте демографического развития российского Дальнего Востока // Вестник РАН. 2022. № 2. С. 150–161; Ryzantsev S.V., Moiseeva E.M. Migration in the Context of the Demographic Development of the Russian Far East // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2022. № 1. P. 65–75.
20. Коэффициенты миграционного прироста населения по Арктической зоне Российской Федерации. https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/pok_8_Calendar2_2022.xlsx
21. Качество трудовой жизни / Социальная энциклопедия. М.: Большая Российская энциклопедия, 2000. С. 134–135.
22. Качество народонаселения / Новая российская энциклопедия. Т. VII (2). М.: Энциклопедия, 2003. С. 458–459.
23. Капелюшников Р.И. Сколько стоит человеческий капитал России? // Вопросы экономики. 2013. № 1. С. 27–47.
24. Человеческий капитал / Новая российская энциклопедия. Т. XVIII (1). М.: Энциклопедия, 2003. С. 119–120.
25. Казанцев А.А., Гусев Л.Ю. Возможные сценарии развития миграционных процессов в контексте евразийской интеграции // Международная аналитика. 2019. № 4 (30). С. 18–27.
26. Миграция населения / Россия. XXI век. Энциклопедия. В 2 т. / Гл. ред. В.И. Данилов-Данильян. Т. 2. М.: Энциклопедия, 2019. С. 244–251.
27. Султанов З.С. Формирование таджикских диаспор в странах приёма трудовых мигрантов // Вестник университета (Российско-Таджикский (Славянский) университет). 2020. № 2 (70). С. 43–53.
28. Рязанцев С.В., Письменная Е.Е., Перемышлин С.Н. Положение трудовых мигрантов из стран Центральной Азии на российском рынке труда // Вопросы национальных и федеративных отношений. 2020. № 5 (62). С. 1248–1259.
29. Денисенко М.Б., Чудиновских О.С. Причины нереализации положений Концепции государственной миграционной политики Российской Федерации // Демоскоп Weekly. 2017. № 753–754. С. 31–41.
30. Комаровский В.В. Концепция миграционной политики и трудовая миграция: что можно или нужно сделать? // Общественные науки и современность. 2019. № 5. С. 132–141.
31. Donets E.V., Chudinovskikh O.S. Russian policy on assistance to the resettlement of compatriots against the background of international experience // Population and Economics. 2020. № 4 (3). e54911.
32. Heleniak T. Migration of the Russian Diaspora after the breakup of the Soviet Union // Journal of International Affairs. 2004. № 2. P. 99–117.
33. Латова Н.В. “Утечка умов” в системе институтов воспроизводства человеческого капитала современной России // Журнал институциональных исследований. 2011. № 3. С. 82–93.
34. Морозов В.М. Интеллектуальная миграция в Израиль: российский аспект // Вестник МГИМО-Университета. 2012. № 6 (27). С. 238–241.
35. Численность и миграция населения Российской Федерации в 2020 году. <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13283>
36. Российский статистический ежегодник 2021. М., 2021.
37. Ткаченко А.А. Выходит ли Россия из демографического кризиса? // Социально-политический журнал (Социально-гуманитарные знания). 1996. № 5. С. 36–41.
38. Урланис Б.Ц. Проблемы динамики населения СССР. М.: Наука, 1974.
39. Паицорковский В.В., Симагин Ю.А., Муртузалиева Д.Д. Динамика численности населения приоритетных геостратегических территорий России в 2010–2018 гг. // Вестник Института социологии. 2021. № 2. С. 123–142.
40. Шартова Н.А., Черешня О.Ю., Тикунов В.С. Региональная оценка причин смерти в Российской Федерации // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2020. № 3. С. 5–16.
41. Коссова Т.В. Экономические факторы смертности от инфекционных болезней в регионах России // Экономическая политика. 2020. № 6. С. 90–109.
42. Улумбекова Г.Э., Гинойн А.Б. Финансирование здравоохранения для достижения ожидаемой продолжительности жизни в России 78 лет к 2030 году // Народонаселение. 2022. № 1. С. 129–140.
43. <https://www.fedstat.ru/indicator/31293>
44. Демографический ежегодник России. Стат. сб. М.: Госкомстат России, 1995.
45. Ткаченко А.А. Социально-экономическая оценка развития демографической ситуации в России // Социально-трудовые исследования. 2021. № 4 (45). С. 89–97.
46. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021. Стат. сб. М.: Росстат, 2021.
47. Евразийский вектор китайской инициативы “Пояс и Путь”: территориально-экономические и правовые аспекты. М.: КУРС, 2021.
48. Вишневецкий А.Г., Васин С.А. Причины смерти и приоритеты политики снижения смертности в России // Экономический журнал ВШЭ. 2011. № 4. С. 472–496.

НАУКА РОССИИ И ВНЕШНИЙ МИР: СПОРНАЯ ОТКРЫТОСТЬ, БЕССПОРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ

© 2023 г. А. Б. Гусев^{a,*}, М. А. Юревич^{b,**}

^aООО «Социологическая служба “Решающий голос”», Москва, Россия

^bФинансовый университет при Правительстве РФ, Москва, Россия

*E-mail: info@castingvote.ru

**E-mail: mayurevich@fa.ru

Поступила в редакцию 12.09.2022 г.

После доработки 18.10.2022 г.

Принята к публикации 15.11.2022 г.

На основе социологических исследований “Научная политика России”, проведённых в 2021 и 2022 гг., в статье анализируются мнения, распространённые в научном сообществе, относительно внешней открытости российской гражданской науки. Авторы отмечают, что устойчивый вектор государственной политики по поддержанию высокого уровня интегрированности отечественной науки в международное научное пространство внезапно был поставлен под сомнение после начавшейся специальной военной операции Российской Федерации на Украине. Сохранявшийся на протяжении десятилетий западноориентированный курс российской науки сформировал высокий уровень его поддержки среди исследователей, резко отказаться от которого, как выяснилось, даже в новых условиях представляется для научных работников весьма затруднительным. Установлено, что санкционные меры, введённые против российской науки, оказались довольно болезненными, причём их последствия могут быть преодолены лишь в долгосрочной перспективе.

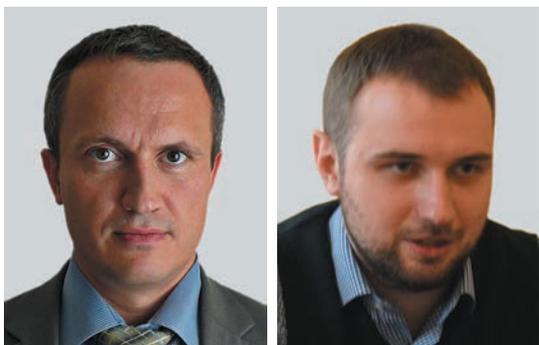
Ключевые слова: научная политика, изоляция российской науки, санкции, социологическое исследование, опрос учёных.

DOI: 10.31857/S0869587323020068, EDN: FCMHDP

В государственной научно-технической политике имеется множество регуляторных развилочек, что обуславливает необходимость поиска опти-

мального сочетания противоположностей. Речь идёт о таких альтернативах, как, например, приоритеты и неприоритеты, директивные и инициативные исследования, базовое и конкурсное финансирование. К их числу относится и задача поиска оптимального уровня открытости российской науки, её интегрированности в мировую. На практике баланс реализуется посредством множества инструментов, включая систему ограничений и запретов открытого и негласного характера. Подчеркнём, что в данной работе будет рассматриваться гражданский сектор науки, не обременённый особым режимом, который распространяется на сектор исследований и разработок в области обороны и безопасности государства.

С начала 1990-х годов и до начала 2022 г. государственная научно-техническая политика не препятствовала и даже способствовала популяризации в Российской Федерации зарубежной науки, погружению отечественной гражданской науки в мировое исследовательское пространство



ГУСЕВ Александр Борисович – кандидат экономических наук, директор ООО «Социологическая служба “Решающий голос”». ЮРЕВИЧ Максим Андреевич – научный сотрудник Центра макроэкономических исследований Финансового университета при Правительстве РФ.

вплоть до растворения в ней, без оглядки на сохранение суверенитета. В то же время характерный для 1990-х годов интерес из-за рубежа к науке бывшего СССР и её результатам постепенно заметно снизился. Утрачивая идейную инициативу, российская наука вошла в интернационализованный исследовательский мир на правах рядового члена.

Утечка умов за рубеж на официальном уровне рассматривается как естественный процесс без существенного ему противодействия. Зарубежные фонды десятилетиями свободно работают в нашей стране, занимаясь подбором и переманиванием талантливой научной молодёжи. Одновременно произошёл переход к использованию преимущественно зарубежного научного оборудования, расходных материалов, зарубежных ресурсов научно-технической информации. В системе оценки результативности научной деятельности на первый план были выдвинуты зарубежные научные журналы, публикации в которых оцениваются выше, чем в отечественных, а также иностранные рейтинги для российских университетов. На этой идеологии воспитывается уже несколько поколений российских исследователей.

Никаких радикальных изменений в стратегическом курсе, поддерживающем максимальную и бескорыстную открытость российской науки, не ожидалось. Однако специальная военная операция РФ на Украине, начавшаяся 24 февраля 2022 г., заставила пересмотреть принятый в рамках государственной научно-технической политики подход, и научный космополитизм в одночасье был подвергнут сомнению. Со стороны недружественных иностранных государств запущен процесс “отмены” российской науки, включая приостановку поставок научного оборудования, расходных материалов, отключение от ряда информационных ресурсов и программного обеспечения, вытеснение российских исследователей из зарубежного информационного пространства. Российский регулятор оперативно отреагировал на эти действия, введя мораторий на учёт публикационной активности по системам Web of Science и Scopus сначала до конца 2022 г., а потом и в 2023 г. Началась работа по формированию нового отечественного списка научных изданий с разделением на сегменты престижности и научного признания (аналоги квартилей).

Таким образом, многолетний вектор государственной научно-технической политики был дезавуирован. Однако новый, адекватный ситуации курс пока не предложен, российские исследователи, привыкшие к взаимодействию с западной наукой, остались один на один с её недружественным воплощением.

Настоящая статья посвящена анализу мнений учёных относительно открытости российской на-

уки по результатам опроса 2021 г. в сравнении с мнениями, выраженными в мае 2022 г.

СОВРЕМЕННАЯ ПРАКТИКА ИЗУЧЕНИЯ МНЕНИЙ НАУЧНОГО СООБЩЕСТВА В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Развитие интерактивных средств коммуникации привело к росту популярности массовых социологических исследований мнений учёных. Критерием массовости подобных опросов, как правило, служит порог в тысячу респондентов, что обычно обеспечивает репрезентативность выборки относительно генеральной совокупности. При этом нередко опросы не ограничиваются респондентами из одной страны, иногда приобретаемая глобальный масштаб. Тематическое разнообразие таких исследований вбирает в себя не только вопросы, связанные с профессиональной деятельностью учёных, но распространяется на многие социальные, политические и другие проблемы. Заказчиками и исполнителями этих исследований выступают международные организации, профессиональные объединения, научные фонды, органы власти, крупные порталы, научные издания и, конечно, отдельные исследовательские коллективы.

Одними из самых значительных по охвату массовых опросов являются исследования “The International Survey of Science” (ISSA), проводимые под эгидой Организации по экономическому сотрудничеству и развитию (ОЭСР). С периодичностью раз в три года уже проведено три волны обследований, а также экспресс-опрос о влиянии пандемии коронавируса на глобальную науку. Первый из регулярных опросов был посвящён публикационным процедурам (рецензирование, открытый доступ и т.д.) и основан на выборке авторов статей в журналах, индексируемых на платформе Scopus [1]. В итоге удалось получить порядка 5 тыс. анкет. Второй раунд опроса, который был связан преимущественно с использованием ИКТ в исследовательской деятельности, позволил агрегировать мнения около 12 тыс. респондентов [2]. Третий опрос, состоявшийся в 2021–2022 гг., опирался на принципиально иной способ формирования выборки респондентов: он проводился в открытом режиме на основе идентификатора Open Researcher and Contributor ID (ORCID), который есть у большинства авторов научных публикаций [3].

Пожалуй, самой популярной сквозной темой для массовых опросов учёных является оценка уровня их материального благополучия и общей удовлетворённости выбранной карьерой. Подобные исследования сильно варьируются в зависимости от объёма и способа формирования выборки, географического охвата респондентов. Так, издательская группа “Nature” собрала мнения бо-

лее 4 тыс. учёных из Северной Америки и Европы на основе открытого опроса [4]. Американская ассоциация содействия развитию науки (American Association for the Advancement of Science) привлекла к исследованию более 3.5 тыс. своих членов, репрезентирующих возрастную и дисциплинарный их состав [5]. Ещё один вариант формирования выборки применяется в рамках проекта “New Scientist Jobs STEM Survey”, где участниками опроса становятся зарегистрированные пользователи портала поиска вакансий в научной сфере [6]. Важно отметить, что многие из таких опросов являются регулярными (как правило, ежегодными), что даёт возможность замерять динамику уровня заработной платы в науке и отслеживать уровень привлекательности карьеры учёного.

Не менее важным сюжетом для социологов на протяжении многих лет остаётся миграционная активность научных кадров. По-настоящему знаковым в этой области считается проект “GlobSci survey”, в рамках которого опрошено более 17 тыс. учёных из 16 стран [7]. Авторы исследования уделили первостепенное внимание идентификации факторов и препятствий мобильности учёных, особенностям формирования международных коллабораций и механизмам действия циркуляционной миграции. Выборка респондентов была сформирована на основе метаданных публикаций в журналах с индексацией в Web of Science. Аналогом с меньшим размахом служит трансевропейский опрос более 2.2 тыс. молодых научных работников [8]. Анкета главным образом состоит из вопросов о качестве подготовки PhD в европейских университетах, а также о возможностях и препятствиях мобильности научных кадров.

В последнее время в фокус исследований всё чаще стали попадать режимы доступа к научным публикациям, в особенности переход научных журналов к модели открытого доступа. Среди прочих своё отношение к этим проблемам обозначили норвежские учёные (примерно 1.5 тыс. респондентов) [9], авторы статей в журналах, входящих в издательскую группу “Taylor & Francis” (почти 3 тыс. респондентов) [10], а также авторы научных монографий, опубликованных в крупнейших мировых издательствах (2.5 тыс. респондентов) [11]. Ещё одним магистральным направлением массовых социологических исследований выступает изучение процесса интеграции результатов научных исследований в жизнь общества (public engagement). В частности, более 1.5 тыс. исследователей из Великобритании указали наиболее используемые каналы популяризации полученных знаний [12], а более 6 тыс. учёных из США оценили значимость научных коммуникаций для ускорения карьерного роста [13]. Примечательно, что во втором из этих опросов исходная

выборка формировалась путём “вытягивания” (парсинг) электронных почт научных работников и преподавателей с сайтов американских университетов.

Проведено множество масштабных опросов учёных по глобальным проблемам человечества и политическим вопросам. В частности, снова и снова появляются оценки экологической обстановки в мире, масштаба влияния антропогенного фактора на природные процессы на основе мнений широкого круга научных работников [14, 15]. Издательская группа “Nature” исследовала позицию порядка 2 тыс. учёных по поводу выхода Великобритании из ЕС [16]. Оказалось, что отношение научного сообщества сильно контрастирует с мнением широкой общественности: за сохранение членства в ЕС высказалось 44% британцев, а среди учёных эта доля достигла 83%.

В России массовые социологические опросы учёных также стали распространённой практикой. Так, с 2010 г. НИУ ВШЭ реализует проект “Мониторинг научных кадров высшей квалификации”, одна из задач которого – проведение регулярных опросов около 2 тыс. кандидатов и докторов наук [17]. В круг исследовательских тем вошли: получение учёными дополнительного образования; международная мобильность; модели трудоустройства (полная ставка, частичная занятость); цифровые навыки; уровень владения английским языком и т.д. В отличие от многочисленных зарубежных аналогов НИУ ВШЭ использует достаточно лаконичные анкеты, покрывающие лишь одну конкретную тематику. Проводит подобные исследования и РФФИ: основу выборки составляет аудитория пользователей комплексной информационно-аналитической системы (КИАС РФФИ). К примеру, в опросе, посвящённом выяснению предпочтений российских учёных между базами данных “Scopus” и “Web of Science”, участвовали 12 тыс. человек [18]. Примерно такая же по объёму выборка использовалась при изучении востребованности различных полнотекстовых информационных ресурсов (электронных библиотек) [19]. Вопросы научной политики и роли РАН в этой области нашли отражение в исследовании, участниками которого стали чуть более тысячи академиков, членов-корреспондентов и профессоров РАН [20]. Ключевой результат – обнаружение сильной заинтересованности академического сообщества в укреплении сотрудничества с властными структурами с целью решения национальных проблем и задач.

Можно утверждать, что массовые социологические исследования мнений учёных относительно научной политики и научной повседневности востребованы как в России, так и за рубежом. Подавляющая часть опросов проводится путём использования электронных ресурсов с оповеще-

нием респондентов по электронной почте или уведомлением на порталах, где опрашиваемые зарегистрированы. Формирование выборки, как правило, осуществляется на основе адресов электронных почт, зафиксированных в метаданных публикаций, или членства респондентов в каких-либо организациях и общественных объединениях. Если говорить о целях и практической пользе таких работ, то в первую очередь результаты опросов формируют фундамент для оценки научного климата в стране, комфортности ведения научно-исследовательской деятельности. Кроме того, благодаря опросам государственные регуляторы получают возможность обратной связи с научным сообществом по широкому кругу вопросов.

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПАРАМЕТРЫ ВЫБОРКИ РЕСПОНДЕНТОВ

Следуя логике ряда зарубежных исследований, для формирования выборки респондентов применён библиометрический подход. На первом этапе была создана база научных публикаций, написанных российскими авторами (хотя бы один член авторского коллектива имел аффилиацию с российскими организациями). Источником метаданных послужила БД “Web of Science”, включая все индексы “Web of Science Core Collection”, а также Russian Science Citation Index. По сравнению со “Scopus” данная конфигурация “Web of Science” обеспечивает сравнительно больший охват публикаций российских авторов, при этом удаётся отсеять существенную долю отечественных работ, вышедших в журналах с сомнительной репутацией [21]. На втором этапе генерации выборки из метаданных публикаций были извлечены электронные адреса, указанные российскими авторами в соответствующих контактных формах.

Было проведено два опроса: в апреле 2021 г. (“Научная политика России – 2021”, далее – “НАПОР-21”) [22]) и мае 2022 г. (“Научная политика России – 2022”, далее – “НАПОР-22”) [23]. Следует отметить, что в программе исследования “НАПОР-21” фигурировала задача определить отношение научного сообщества к таким стратегическим векторам развития науки, как вхождение российских университетов в первую сотню университетов международных рейтингов, а также акцент на наукометрические показатели в оценке результативности научной деятельности, на зарубежные базы публикаций. Задачей исследования “НАПОР-22”, в частности, стала оценка влияния санкций иностранных государств на российскую науку, а также ожидаемая эффективность анонсированных мер контрсанкционной политики Российской Федерации.

В обоих исследованиях выборка респондентов формировалась на основе публикаций, вышед-

ших в течение шести лет до момента опроса. То есть в рамках “НАПОР-21” учитывались работы 2015–2019 гг., “НАПОР-22” – 2016–2020 гг. Опрос проводился путём рассылки анкеты по электронным адресам. Использовались открытые и закрытые вопросы с одиночным или множественным выбором¹, а также в форме шкалы Лайкерта. Кроме того, респондентам было предложено оставить развёрнутые комментарии по поводу научно-технической политики в России и других проблем. По итогам рассылочной кампании к участию в исследовании удалось привлечь более 7200 человек в рамках “НАПОР-21” и свыше 4100 человек в ходе “НАПОР-22”.

С целью оценки репрезентативности выборок дисциплинарный, возрастной и географический профили респондентов сопоставлялись с информацией Росстата об аналогичных характеристиках исследователей в 2020 г. (последние доступные данные). Возрастная структура участников опроса оказалась достаточно близка к генеральной совокупности (табл. 1).

В дисциплинарном разрезе выборки опрошенных значительно смещены в сторону естественных наук (табл. 2), что обусловлено исходной структурой большинства публикационных баз. Респонденты оказались в значительно большей степени вовлечены в выполнение фундаментальных исследований по сравнению с прикладными исследованиями и ОКР.

По географическому признаку было достигнуто достаточно высокое соответствие обеих выборок генеральной совокупности. Так, примерно 3 из 10 респондентов представляли г. Москву, каждый восьмой – г. Санкт-Петербург, каждый девятый – Московскую область. Затем в порядке убывания расположились учёные из Новосибирской, Томской и Свердловской областей. Кроме того, выборки характеризуются высоким уровнем научной квалификации респондентов: доля участников с учёной степенью составила 85% в “НАПОР-21” и превысила 87% в “НАПОР-22”. В каждом из опросов приняли участие не менее 50 членов РАН. Приблизительно 4 из 5 респондентов заявили об опыте руководства выполнением научных исследований (по договорам (контрактам), государственному заданию в сфере науки, грантам научных фондов и т.п.).

В “НАПОР-21” университетский сектор и сектор научных организаций были представлены в равной мере (по 46% респондентов). “НАПОР-22” в большей степени привлёк внимание сотрудников исследовательских институтов (52%), в несколько меньшей – работников вузов (41%). На-

¹ На открытый вопрос респондент отвечает в свободной форме; в случае закрытого вопроса респонденту предлагается набор альтернатив, из которых он выбирает соответствующую(ие) его мнению.

Таблица 1. Распределение респондентов по возрастным группам, %

Возрастная группа	“НАПОР-21”	“НАПОР-22”	Росстат
до 29 лет (включительно)	10	7	16
30–39 лет	25	26	28
40–49 лет	18	20	17
50–59 лет	16	16	14
60–69 лет	18	19	15
70 лет и старше	13	12	9

Таблица 2. Распределение респондентов по областям наук, %

Область наук	“НАПОР-21”	“НАПОР-22”	Росстат
Естественные науки	55	59	23
Технические науки	17	15	60
Медицинские науки	6	5	4
Сельскохозяйственные науки	1	2	3
Общественные науки	13	12	6
Гуманитарные науки	8	8	4

конец, важно отметить участие российской научной диаспоры в каждом из опросов: около 95% респондентов заявили о постоянной работе в России либо преимущественно в России, остальная часть опрошенных указала на занятость за рубежом либо преимущественно за рубежом или в России и за рубежом примерно поровну.

ОТКРЫТОСТЬ РОССИЙСКОЙ НАУКИ

Тематический охват обеих волн опроса оказался весьма широким, включая такие вопросы, как утечка умов, оценка эффективности мер государственной научной политики, отношение к измерению публикационной активности и др. Каждая из этих тем актуальна, однако в нынешних условиях особое внимание привлекает проблема международного научно-технического сотрудничества. Некоторые формальные и неформальные международные санкции, по сути, направлены на изоляцию российской науки, в том числе: заморозка сотрудничества по международным исследовательским проектам [24]; прекращение поставок научно-исследовательского оборудования, компонентов к нему, реактивов [25, 26]; отключение международных баз научной информации [27]; бойкотирование публикаций российских авторов [28]. При этом в научном сообществе сложилось мнение, что эти ограничительные меры могут привести к некоторым положительным по-

следствиям, помогая избавиться от излишней интегрированности российской науки в мировую.

На этом фоне ведутся горячие споры по поводу адекватности и целесообразности учёта вклада российской науки в мировую, имея в виду количество публикаций в изданиях, индексируемых международными базами “Web of Science” и “Scopus” [29, 30]. В исследовании “НАПОР-21” респондентам был предложен вопрос “Считаете ли Вы, что в РФ следует отказаться от преимущественной ориентации на зарубежные базы публикаций для оценки публикационной активности (“Web of Science”, “Scopus” и др.)?” (табл. 3). Оказалось, что наблюдается поляризация мнений относительно использования зарубежных инструментов для оценки результативности российской науки: 41.0% против, 52.7% за. Наибольшую поддержку зарубежные базы публикаций нашли у представителей естественных и медицинских наук; специалисты в области гуманитарных и сельскохозяйственных наук считают нужным отказаться от них (2/3 ответов).

Противники измерения научной продуктивности по “Web of Science” и “Scopus” считают некорректным выдвигать в качестве цели достижение некоторой доли в этих базах (36.7% ответивших); по их мнению, зарубежные базы навязывают российским учёным свои правила игры и содержательно пытаются их контролировать (28.2%); 22.5% рассматривают зарубежные

Таблица 3. Распределение ответов на вопрос о применении в РФ зарубежных наукометрических баз данных, %

Научные направления	Следует отказаться	Не следует отказываться	Затрудняюсь ответить
Естественные науки	32.2	61.6	6.2
Технические науки	47.8	46.4	5.8
Медицинские науки	30.8	64.8	4.4
Сельскохозяйственные науки	65.2	27.4	7.4
Общественные науки	55.2	38.3	6.5
Гуманитарные науки	63.8	28.3	7.9
Все респонденты	41.0	52.7	6.4

Таблица 4. Распределение ответов на вопрос о будущем рейтингоориентированной стратегии развития вузов РФ, %

Вариант ответа	Все респонденты	Респонденты, ответившие на вопрос об итогах проекта “5-ТОП-100”	
		однозначный успех и скорее успех	однозначный провал и скорее провал
Следует отказаться	29.4	15.1	35.7
Не следует отказываться	59.1	79.2	58.3
Затрудняюсь ответить	11.5	5.7	6.0
ИТОГО	100.0	100.0	100.0

базы данных как международные бизнес-проекты, не имеющие отношения к науке. Сторонники использования международных публикационных баз указывают на их значение как ориентира, который заставляет стремиться к мировому научному уровню (87.2%).

Ещё одной чувствительной для российского научного сообщества темой стал вопрос о вхождении российских вузов в зарубежные рейтинги университетов [31, 32]. Помимо публикационной активности, место в рейтингах определяется на основе опросов экспертов, а также по доле иностранных преподавателей и студентов, количеству выпускников и сотрудников, удостоенных Нобелевской премии, и т.п. Обычно проблема надёжности рейтингов обсуждается наряду с рассуждениями об эффективности программы “5-ТОП-100”. Проведение первого опроса совпало с завершением этой программы, поэтому респондентам было предложено оценить успешность проекта (от полного провала до однозначного успеха) и заодно высказаться по поводу общей объективности рейтингов (вопрос звучал так: “Как Вы считаете, следует ли в развитии вузов РФ отказаться от задачи по их вхождению в зарубежные рейтинги мировых университетов (ARWU, THE, QS и др.)?”).

Итак, почти 60% опрошенных поддержали стремление наращивать присутствие российских вузов в зарубежных рейтингах; ожидаемо, что среди тех, кто положительно оценил итоги проекта “5-ТОП-100”, сторонников рейтингов оказалось больше (табл. 4). Но даже те, кто считает, что проект провалился, в большинстве своём полагают, что от него не следует отказываться. Основной аргумент здесь – необходимость международного признания университетов через участие в рейтингах. Противники иностранных университетских рейтингов почти в половине случаев сослались на то, что погоня за рейтингами представляет собой некорректное целеполагание; 19.7% опрошенных посетовали на высокую затратность рейтинговой гонки, притом что даже успешный её результат не обеспечивает отечественным вузам никаких дивидендов. Интересно, что 14.5% участников опроса воспринимают зарубежные рейтинги как политические проекты стран-разработчиков.

Таким образом, в 2021 г. научное сообщество России оказалось расколотым, имея в виду ориентацию на интеграцию отечественной науки в мировую. Не менее половины респондентов были убеждены в оправданности и адекватности применения зарубежных лекал для оценки научной деятельности в нашей стране.

Таблица 5. Влияние санкций на осуществление научной деятельности в Российской Федерации, %

Ожидаемые последствия санкций	Делает невозможным продолжение научной деятельности	Существенно осложняет научную деятельность	Несущественно осложняет научную деятельность	Никак не осложняет научную деятельность	Затрудняюсь ответить	Другое
Прекращение совместных научных проектов с иностранными университетами/научными организациями	8.7	35.4	22.7	23.7	7.3	2.2
Необъективное рецензирование публикаций российских авторов в зарубежных изданиях	4.7	32.1	19.0	20.9	18.3	5.0
Отказ российским исследователям в участии в научных исследованиях на зарубежных научных установках класса мегасайенс	8.7	25.0	11.1	24.9	26.9	3.4
Отказ российским исследователям в участии в научных конференциях за рубежом	6.5	32.2	24.1	22.0	11.8	3.4
Отключение от зарубежных электронных ресурсов научно-технической информации	12.5	41.9	20.1	15.6	7.3	2.6
Отключение от специализированного зарубежного программного обеспечения	11.2	34.9	21.4	19.4	10.4	2.7
Прекращение поставок зарубежного научного оборудования, в т.ч. из-за невозможности перевода оплаты	19.6	41.3	11.9	14.4	10.5	2.3
Прекращение поставок зарубежных расходных материалов	18.2	38.2	13.8	16.3	11.1	2.4

Опрос 2022 г. совпал с объявлением пятого пакета антироссийских санкций. Многие из мер, направленных на изоляцию отечественной науки, к тому моменту уже реализовывались. Поэтому участники исследования «НАПОР-22» в своих ответах руководствовались не только ожидаемыми эффектами от действий недружественных стран, но и реагировали на наступившие последствия запретительных мер. Можно выделить два крупных направления санкционной политики против российской науки: выключение из западно-ориентированного международного научного пространства и ограничение (прекращение) пользования иностранными активами в научной деятельности. Данные таблицы 5 свидетельствуют о болезненности санкций для российской науки и, косвенно, об избыточной открытости российской науки в предшествующий период.

Меры изолирования российской науки, в том числе прекращение научных проектов, необъективное рецензирование публикаций и отказ в участии в научных конференциях, существенно осложняют научную деятельность примерно трети респондентов. Но более болезненно воспринимаются санкционные меры по ограничению доступа к иностранным информационным системам. Если отказ российским исследователям в пользовании зарубежными установками класса мегасайенс ещё можно пережить, то, по мнению половины респондентов, отключение от зарубежных информационных систем, программного обеспечения и заморозка поставок оборудования и расходных материалов чреваты серьёзными сложностями. Особенно уязвимыми оказываются специалисты в области медицинских, естественных и технических наук: 22–25% опрошен-

Таблица 6. Распределение ответов на вопрос об ожидаемой эффективности антисанкционных мер, %

Антисанкционные меры	Ожидается высокой	Ожидается скорее высокой	Ожидается скорее низкой	Ожидается низкой	Ожидается нулевой	Затрудняюсь ответить
Мораторий до 31 декабря 2022 г. на предъявление требований к публикационной активности российских исследователей в зарубежных журналах, индексируемых в базах данных “Web of Science”, “Scopus”, а также к участию в зарубежных научных конференциях	10.4	20.6	17.7	13.3	26.9	11.0
Новые подходы к оценке результативности научной деятельности	10.3	19.1	16.6	15.0	23.3	15.6
Упрощение процедур госзакупок научного оборудования и расходных материалов	16.1	30.6	12.8	9.8	11.8	18.9
Федеральный проект “Развитие отечественного научного приборостроения” (к 2024 г. более 42 новых научных приборов, производимых в РФ)	10.8	22.1	15.3	12.2	15.9	23.8
Создание новых научных лабораторий для молодых учёных	11.2	23.8	20.5	13.7	17.5	13.2

ных опасаются, что им придётся приостановить исследования, ещё 45% считают, что их работа будет очень осложнена.

В 2022 г. на федеральном уровне был анонсирован² и частично реализован ряд мер по противодействию санкциям недружественных государств (табл. 6). По мнению исследователей, из предложенных для оценки антисанкционных мер наиболее эффективной является упрощение процедуры госзакупок научного оборудования и расходных материалов³, однако доля респондентов, настроенных оптимистически, едва достигает половины (46.7%). Остальные четыре меры одобрили 29–35%. Наибольший скептицизм вызывает объявление моратория (не отмены) относительно требования публиковаться в зарубежных журналах, индексируемых в иностранных базах данных, от которых Российская Федерация уже отключена⁴, а также очередное обновление подхода к оценке результативности научной деятельности. По большому счёту это своего рода зеркальное отражение результатов опроса 2021 г., когда обнаружилась поддержка оценки публикационной активности по Web of Science и Scopus.

На наш взгляд, крайне важно понять, что думают учёные по поводу прекращения или сокра-

щения международного научно-технического сотрудничества с недружественными странами. Как оказалось, примерно три четверти опрошенных считают допустимым для российских исследователей и их коллективов начинать (продолжать) научное взаимодействие с коллегами и научными центрами из таких государств в области гражданской науки; только около 10% респондентов настаивают на необходимости прекращения контактов. Этот результат можно интерпретировать двояко. С одной стороны, за безусловную допустимость сотрудничества высказывались респонденты, считающие науку космополитичным институтом вне политики, вне национальных границ. За допустимость сотрудничества, но при определённых условиях, выступили исследователи, которые на первое место ставят полезность взаимодействия с точки зрения национальных интересов (не в ущерб своей стране). С другой стороны, тридцатилетний период космополитизма в отечественной науке привёл к нарушению идентификации по линии “свой–чужой”, и она не может восстановиться в одночасье даже в период военных действий, когда против Российской Федерации применяются силы и средства недружественных государств.

Что касается прогнозов относительно восстановления связей российской науки с зарубежной, то примерно по 25% участников опроса убеждены в том, что сотрудничество будет восстановлено через 1–3 года или через 4–7 лет. Чуть менее 18% предсказывают интервал в 10 лет, а 10.5% наиболее пессимистично настроенных респондентов

² Встреча представителей Правительства РФ и научной отрасли состоялась 8 апреля 2022 г. Видеозапись мероприятия: https://vk.com/wall-112292509_28793

³ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 26 мая 2022 года № 1316-р.

⁴ Постановление Правительства Российской Федерации от 19 марта 2022 г. № 414.

считают, что вернуть взаимодействие на прежний уровень в обозримой перспективе не удастся.

* * *

Результаты исследований 2021 и 2022 гг., включая многочисленные комментарии и ответы на открытые вопросы, позволяют сделать следующие выводы.

Первое. К 2021 г. в российском научном сообществе сложилось достаточно толерантное отношение к оценке научной деятельности по шаблонам мировой науки (измерение публикационной активности по международным базам данных, отслеживание позиций в иностранных рейтингах университетов). Более половины опрошенных, а среди молодых учёных эта доля ещё больше, рассматривают интеграционный вектор как верный ориентир для развития российской науки. Кроме того, в комментариях явно прослеживается стремление к установлению понятных правил игры (критерии назначения на должность и прохождения аттестации, получения грантов, определения заработной платы и надбавок), которые основаны на измерении публикационной активности. Обратная сторона этой медали – недоверие к системе экспертизы.

Второе. Даже в радикально изменившейся обстановке в связи с проведением специальной военной операции Российской Федерации на Украине значительная часть исследователей сохранила лояльное отношение к зарубежной науке, о чём свидетельствует готовность подавляющего большинства респондентов начинать или продолжать научное сотрудничество с коллегами из недружественных государств. Видимо, для перестройки восприятия окружающего мира необходимы более суровые потрясения личного характера, а возможно, сложившиеся установки уже не подлежат изменению.

Третье. Наибольший текущий и ожидаемый ущерб российской науке наносит глубокая зависимость от импортного оборудования, расходных материалов и научно-технической информации. Несмотря на усилия по импортозамещению активов научной деятельности, роль поставщиков из недружественных стран сложно переоценить. Респонденты обращали внимание на возможность решения возникших проблем “умеренно честными способами”, которые в нынешних условиях выглядят вполне оправданными. Прежде всего речь идёт о каналах “серого”, или параллельного, импорта для закупки приборов, запасных частей к ним и реагентов. Большим подспорьем в этом деле стала либерализация процесса государственных закупок для научных и научно-образовательных учреждений. Дефицит доступа к публикациям в зарубежных изданиях предлагает-

ся восполнить благодаря сервису Sci-Hub, который, кстати, на некоторых доменах по-прежнему недоступен с российских ip-адресов. В долгосрочной перспективе российские учёные считают необходимым поиск альтернативных поставщиков (из Китая, Индии, Ирана и некоторых других стран), а также возрождение отечественного приборостроения.

Четвёртое. Исходя из комментариев участников опроса, складывается впечатление об их глубокой обеспокоенности будущим российской науки. Но говорить о панических настроениях или апатии повода нет. Значительно чаще ощущается некоторое сожаление российских учёных относительно уже введённых санкций и грядущих запретительных мер; “отмена” отечественной гражданской науки, разрыв научных связей в их глазах выглядят как недальновидная политика, как своего рода произвол. Довольно многочисленная когорта опрошенных даже высказывает умеренный оптимизм: по их мнению, санкционное давление стимулировало всплеск патриотических и антизападных настроений, на этой основе формируется политическая воля, которая позволит изменить всю систему управления научной деятельностью. Речь идёт об отказе от “палочного” учёта (подсчёт количества публикаций, цитирований, патентов и т.д.) в пользу содержательной оценки результатов научного труда, а также о приоритетной ориентации на нужды и потребности экономики и общества, а не на соответствие зарубежным канонам.

Пятое. Пока не предложены адекватные целеполагание и вектор развития российской гражданской науки, которые позволили бы отказаться от публикационной гонки и международных рейтингов. Таким образом, альтернативы полной открытости российской науки на идейном уровне не выработано. Необходима оперативная перезагрузка системы управления наукой, чтобы в новых условиях определить оптимальную меру её открытости.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Статья подготовлена в рамках государственного задания Правительства РФ Финансовому университету на 2022 г. по теме “Социально-экономическое развитие в эпоху фундаментальной трансформации систем”.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Boselli B., Galindo-Rueda F.* Drivers and implications of scientific open access publishing: Findings from a pilot OECD international survey of scientific authors. 2016. <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/5jlr2z70k0bx-en.pdf?expires=1662968122&id=id&accname=guest&checksum=B7C3E0234CC96E301E9C23A49C88EADB>

2. *Bello M., Galindo-Rueda F.* The 2018 OECD International Survey of Scientific Authors. 2020. <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/18d3bf19-en.pdf?expires=1662968227&id=id&accname=guest&checksum=5B90F26364F0F42E5715A37208A40E02>
3. OECD. ISSA 2021: science in society in times of crisis. <https://www.oecd.org/science/survey-of-scientific-authors.htm>
4. Survey reveals highs and lows of a life in science // *Nature*. 2018. № 562. P. 459–459.
5. *Funk C., Rainie L., Page D.* Public and scientists' views on science and society / Pew Research Center. 2015. https://www.pewresearch.org/internet/wp-content/uploads/sites/9/2015/01/PI_ScienceandSociety_Report_012915.pdf
6. NewScientistsJobs. 2020 STEM Survey report. <https://jobs.newscientist.com/en-gb/article/2020-stem-survey-report/>
7. *Scellato G., Franzoni C., Stephan P.* Migrant scientists and international networks // *Research Policy*. 2015. № 1 (44). P. 108–120.
8. *Meyer D.* Opinion poll: young scientists' survey gets the dirt on life at the coal face // *The ELSO Gazette*. 2003. № 13. https://www.researchgate.net/publication/272510911_Opinion_poll_young_scientists'_survey_gets_the_dirt_on_life_at_the_coal_face
9. DAMVAD. Sharing and archiving of publicly funded research data. Report to the Research Council of Norway. 2014. <http://docplayer.net/1769604-11-04-14-sharing-and-archiving-of-publicly-funded-research-data-report-to-the-research-council-of-norway.html>
10. Taylor & Francis Group. Researcher Survey. 2019. <https://authorservices.taylorandfrancis.com/wp-content/uploads/2019/10/Taylor-and-Francis-researcher-survey-2019.pdf>
11. *Pyne R. et al.* The future of open access books: Findings from a global survey of academic book authors. 2019. <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1114&context=scholcom>
12. *Bauer M.W., Jensen P.* The mobilization of scientists for public engagement // *Public understanding of science*. 2011. № 1 (20). P. 3–11.
13. *Rose K.M., Markowitz E.M., Brossard D.* Scientists' incentives and attitudes toward public communication // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2020. № 3 (117). P. 1274–1276.
14. *Myers K.F. et al.* Consensus revisited: quantifying scientific agreement on climate change and climate expertise among Earth scientists 10 years later // *Environmental Research Letters*. 2021. № 10 (16). P. 104030.
15. *Verheggen B. et al.* Scientists' views about attribution of global warming // *Environmental science & technology*. 2014. № 16 (48). P. 8963–8971.
16. *Cressey D. et al.* Scientists say 'no' to UK exit from Europe in Nature poll // *Nature*. 2016. № 7596 (531). P. 559–559.
17. НИУ ВШЭ. Мониторинг рынка труда научных кадров высшей квалификации. <https://www.hse.ru/monitoring/mnk>
18. *Лутай А.В., Любушко Е.Э.* Выбор российских исследователей между Scopus и Web of Science: результаты опроса РФФИ. https://podpiska.rfbr.ru/storage/rfbr_survey1.html
19. *Лутай А.В., Любушко Е.Э.* Обеспеченность доступом к полнотекстовым информационным ресурсам: результаты опроса РФФИ. <https://podpiska.rfbr.ru/news/361/>
20. Научная Россия. Результаты опроса академиков, членов-корреспондентов и профессоров РАН, проведенного 18–22 декабря 2020 г. <https://scientificrussia.ru/articles/rezultaty-oprosa-akademikov-chlenov-korrespondentov-i-professorov-ran-provedennogo-18-22-dekabrya-2020g>
21. *Юревич А.В., Юревич М.А.* Мусор в науке // *Вестник Российской академии наук*. 2021. № 8 (91). С. 724–733.
22. *Гусев А.Б., Юревич М.А.* Научная политика России – 2021. М.: Буки Веди, 2021. <http://www.spsl.nsc.ru/FullText/DOR/scipol2021cf.pdf>
23. *Гусев А.Б., Юревич М.А.* Научная политика России – 2022: профессия не дороже родины. М.: Издательство “Перо”, 2022.
24. *Holdren J. et al.* Let's not abandon Russian scientists // *Science*. 2022. № 6590 (376). P. 256–257.
25. Коммерсантъ. Клеточная терапия осталась без технологий. <https://www.kommersant.ru/doc/5283357>
26. МК. “Расприглашение” российской науки: как санкции Запада ударили по учёным. <https://www.mk.ru/science/2022/03/03/raspriglasenie-rossiyskoy-nauki-kak-sankcii-zapada-udarili-pouchenym.html>
27. Forbes. Научная база данных Web of Science стала недоступна в России. <https://www.forbes.ru/society/464725-naucnaa-baza-dannyh-web-of-science-stala-nedostupna-v-rossii>
28. *Brainard J.* Few journals heed calls to boycott Russian papers // *Science*. 2022. <https://www.science.org/content/article/few-journals-heed-calls-boycott-russian-papers#:~:text=At%20the%20moment%2C%20the%20Journal,of%20the%20University%20of%20Coimbra>
29. *Орлов А.И.* Вред ориентации на базы данных Scopus и Web of Science // *Россия: тенденции и перспективы развития*. 2021. № 16-1. С. 835–840.
30. *Иванчик А.И.* Особенности оценки исследователей и исследовательских программ в гуманитарных науках // *Вестник Российской академии наук*. 2018. № 11 (88). С. 985–991.
31. *Балацкий Е.В., Екимова Н.А.* Глобальные рейтинги университетов: проблема манипулирования // *Журнал Новой экономической ассоциации*. 2012. № 1 (13). С. 126–146.
32. *Кузьминов Я.И.* Вызовы и перспективы развития университетов в России // *Университетское управление: практика и анализ*. 2018. № 4 (116). С. 5–8.

ИЗМЕНЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ АСПИРАНТУРЫ

© 2023 г. Е. Г. Грибовод^{а,*}, Д. М. Ковба^{а,**}

^аИнститут философии и права УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*E-mail: gribovod_kate@mail.ru

**E-mail: dmkovaljova@mail.ru

Поступила в редакцию 15.12.2022 г.

После доработки 20.12.2022 г.

Принята к публикации 10.01.2023 г.

Сегодня институт аспирантуры как один из важных инструментов подготовки высококвалифицированных кадров переходит на новый алгоритм работы, закреплённый в ряде нормативно-правовых документов. В связи с этим необходимо оценить суть и возможные последствия реформирования третьей ступени высшего образования. Для этого применялись: анализ корпуса материалов, опубликованных в ведущих российских журналах, которые специализируются на вопросах образования и управления научно-образовательной деятельностью; вторичный анализ социологических данных; ряд общенаучных и частноправовых методов. Установлено, что процесс реформирования аспирантуры – необходимый шаг, призванный разрешить накопившиеся проблемы и противоречия. Выдвинуто предложение о необходимости поддержания государственными структурами и академическим сообществом конструктивного диалога для эффективной корректировки реализуемых законодательных мер и разработки будущей национальной образовательной политики в сфере высшего образования. В результате сравнительного анализа двух моделей аспирантуры выделены их ключевые отличия, спрогнозированы трудности перехода на новую модель. Предложены меры по дальнейшему повышению эффективности программ третьей ступени высшего образования.

Ключевые слова: аспирантура, научные и научно-педагогические кадры, реформа аспирантуры, кандидатская диссертация, управление образованием.

DOI: 10.31857/S0869587323020056, EDN: FCKPMJ

Показатели результативности аспирантских программ, привлекательность научной сферы для молодого поколения, статус аспирантуры, эффективность отечественных программ подготов-

ки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре – проблемы, широко обсуждаемые как на государственном уровне, так и в академической среде [1, 2]. Поскольку аспирантуре принадлежит одна из ключевых ролей в воспроизводстве научных кадров и формировании научного и инновационного потенциала страны, её совершенствование – вопрос государственной важности. В соответствии с национальным проектом “Наука”, реализация которого планируется в 2018–2024 гг., в настоящее время перед Россией стоят задачи вхождения в число пяти ведущих стран по показателям научно-технического развития, повышения её привлекательности для учёных. Для достижения этих целей планируется “усовершенствование механизмов обучения в аспирантуре по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров, грантовая поддержка аспирантов”, а также увеличение минимум в 1.25 раза числа “аспирантов, успешно защитивших диссертационную работу и выбравших карьеру исследователя или преподавателя” [3, с. 60]. Необ-



ГРИБОВОД Екатерина Григорьевна – кандидат политических наук, заведующая аспирантурой ИФиП УрО РАН. КОВБА Дарья Михайловна – кандидат политических наук, научный сотрудник ИФиП УрО РАН.

Таблица 1. Статистика приёма и выпуска аспирантов в 2000–2020 гг., человек

Год	Приём в аспирантуру	Выпуск из аспирантуры	Выпускников с защитой диссертации
2000	43 100	24 828	7503
2005	46 896	33 561	10 650
2010	54 558	33 763	9 611
2015	31 647	25 826	4 651
2016	26 421	25 992	3 730
2017	26 081	18 069	2 320
2018	27 008	17 729	2 198
2019	24 912	15 453	1 629
2020	27 710	13 957	1 245

Источник: составлено авторами на основе данных [8].

ходимость решения последней задачи обусловлена более чем скромной статистической долей защит: в 2018 г. в российской аспирантуре обучалось около 90 тыс. человек, при этом защитились лишь 12% из них, что было признано “недопустимо низким показателем” [4].

На государственном уровне каждый год увеличивается число бюджетных мест по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и ординатуре. Если в 2021/22 учебном году общий объём контрольных цифр приёма (КЦП), выделенных на аспирантуру, ординатуру и ассистентуру-стажировку, составлял 34 308 мест, то в 2023/24 будет уже 37 920. Количество мест по программам ассистентуры-стажировки не увеличивается, однако по другим программам рост существенный (в 2021/22 учебном году на аспирантуру выделено 16 500 бюджетных мест, на ординатуру – 17 345; в 2023/24 учебном году – 19 700 и 17 800 соответственно) [5, 6]. Если обратиться к статистике за более ранние периоды, окажется, что текущие объёмы приёма в аспирантуру гораздо меньше показателей 20-летней давности. В таблице 1 представлены количественные сведения о приёме и выпуске из аспирантуры (то есть не только за счёт бюджетных ассигнований, но и по договорам об оказании платных образовательных услуг, а также за счёт собственных средств организации).

На наш взгляд, руководителям образовательной отрасли не стоит гнаться за количественными показателями, следуя логике “больше аспирантов – лучше для науки”. Количество не всегда перерастает в качество, для этого нужно благоприятное сочетание многих факторов. Данный

тезис подтверждают выводы исследователей о роли аспирантуры в воспроизводстве кадров: отмечается, что так называемый период “аспирантского пузыря” (1995–2012) не способствовал полноценному обеспечению отечественной науки кадрами. Имела место своего рода девальвация учёной степени из-за низкой эффективности системы формирования КЦП и безадресной подготовки аспирантов [7, с. 199]. Таким образом, важны не только количественные показатели КЦП, но и качество поступающих, которое обеспечивается селективным подходом при приёме на обучение. Большое значение имеют высокий уровень мотивации аспирантов, наличие благоприятных условий для успешной научной работы (время на написание диссертации, возможность её защиты без особых препятствий, материально-технические условия для проведения исследований и т.д.).

Одним из важных маркеров результативности аспирантуры выступает доля выпускников, окончивших её с защитой (см. табл. 1). В процентном соотношении эти цифры представлены на рисунке 1. Данный показатель неуклонно падал: если в 2010 г. он составлял около 28.5%, то в 2015 г. – 18%. Снижение началось примерно в то время, когда аспирантура потеряла статус послевузовского образования и стала третьей ступенью высшего образования. Небольшое увеличение показателя мы наблюдаем только сейчас.

По мнению исследователей, такое катастрофическое уменьшение доли защит повлечёт целый ряд законодательных актов. Во-первых, Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 “О порядке присуждения учёных степеней” [9]; во-вторых, кампания по оптимизации диссертационных советов, развернувшаяся примерно в тот же период; в-третьих, Федеральный закон “Об образовании в Российской Федерации” № 273-ФЗ, принятый в декабре 2012 г. [10, с. 15]. Последний признаётся решающим фактором, повлиявшим на сокращение числа защит [11, 12].

В целом проблема повышения эффективности института аспирантуры хорошо освещена в трудах отечественных исследователей. Можно отметить следующие подходы к её изучению:

- *экономико-управленческий* – третья ступень высшего образования рассматривается либо как составляющая экономики страны, либо как управленческая структурная единица; аспирантура в данном случае считается важным ресурсом экономики, обеспечивающим рынок научно-педагогическими кадрами [13, с. 270]; большое значение при этом традиционно придаётся различным показателям эффективности аспирантур в конкретных научных и образовательных учреждениях и в целом по стране [14, с. 170];

- *социологический* – авторы опираются на первичные или вторичные массивы данных, а ре-

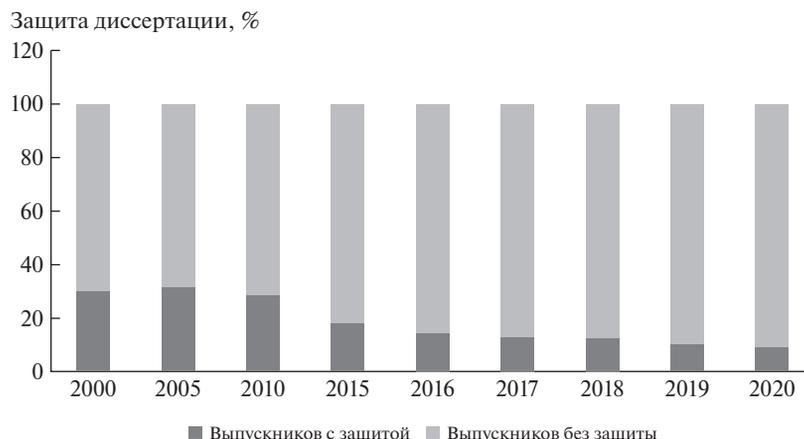


Рис. 1. Показатели защиты диссертации, %

Источник: составлено авторами на основе данных [8].

спондентами выступают аспиранты, заведующие аспирантурами, руководители образовательных программ (например, благодаря опросу обучающихся, удалось установить основные барьеры, препятствующие завершению диссертационного исследования [15]; фокус-группы, интервью с руководителями аспирантур вузов позволили выявить проблемы в данном научно-образовательном сегменте [12]);

- *педагогический* — основное внимание уделяется процессу формирования личностных и профессиональных компетенций в ходе подготовки научных и педагогических кадров в аспирантуре; исследователи фокусируются на проблемах оптимизации процессов обучения в аспирантуре, анализируют, какие методы и методики целесообразно применять в программах третьей ступени высшего образования [16];

- *правовой* — анализируются особенности российского законодательства в части подготовки кадров в аспирантуре, оцениваются эффекты от внедрения правовых норм;

- *философский* — рассматриваются ценностные, этические и иные аспекты проблемы.

Анализ литературы позволил прийти к выводу, что для большинства работ характерна *кризисная парадигма*. Например, отмечается, что «отечественная аспирантура продолжает находиться в состоянии кризиса, в значительной степени возникшего вследствие упрощённого подхода к реформированию сферы образования» [11, с. 59]. Метаобзор статей показывает, что в исследованиях «прослеживается тревога за состояние и эффективность аспирантуры» [15, с. 56]. Помимо снижения числа защит кандидатских диссертаций, кризис выражается в недостаточном уровне подготовки абитуриентов, значительной доле отсева, низкой эффективности научного руковод-

ства и т.д. [17, с. 99]. К негативным факторам относят также «затянувшиеся “эксперименты” с определением статуса, целевой ориентации и содержательного наполнения программ аспирантуры» [10, с. 11].

Актуальность нашего исследования объясняется тем, что период 2020–2021 гг. оказался переломным для системы российской аспирантуры. 30 декабря 2020 г. был принят Федеральный закон № 517-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон “Об образовании в Российской Федерации” и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [18] (далее — ФЗ-517), который трансформировал порядок и условия обучения аспирантов. Таким образом, признавая важность института аспирантуры в плане воспроизводства кадров и усиления интеллектуального и инновационного потенциала страны, имея в виду надежды на укрепление аспирантуры, которые связываются с принятием нового закона, мы поставили перед собой цель оценить суть и возможные последствия реформирования третьей ступени высшего образования. Для этого необходимо решить следующие задачи: выявить факторы, обусловившие необходимость реформирования аспирантуры; провести сравнительный анализ двух моделей аспирантуры (первая сложилась в результате реформы аспирантуры 2014 г., когда она получила статус третьей ступени высшего образования, вторая — после внедрения ФЗ-517); сделать выводы относительно, с одной стороны, перспектив и, с другой стороны, сложностей, с которыми может столкнуться институт аспирантуры в результате смены вектора развития.

Данные исследовательские задачи решались путём анализа материалов, опубликованных в ведущих российских журналах, которые специализируются на вопросах образования и управления научно-образовательной деятельностью. Кроме

того, был проведён вторичный анализ социологических данных. В качестве материалов исследования использовались показатели контрольных цифр приёма по годам, а также статистический сборник “Индикаторы образования” [8], который каждый год выпускается НИУ “Высшая школа экономики”. Также применялись сравнительно-правовой метод и метод юридического толкования, материалом для которого послужили следующие документы [18–21].

БАРЬЕРЫ НА ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ АСПИРАНТУРЫ

Реформирование аспирантуры можно считать закономерным этапом модернизации системы высшего образования, а также механизмом повышения её эффективности. Выделим основные факторы и проблемы, которые повлияли на снижение эффективности российской модели аспирантуры, реализуемой на основании федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС), и обусловили необходимость разработки и принятия новых подзаконных актов.

Во-первых, *высокая загруженность аспирантов образовательной деятельностью*. Аспиранты вынуждены тратить много времени и сил на освоение образовательных дисциплин, посещать семинары, лекции, проходить практики. Всё это шло в ущерб научно-исследовательской работе и подготовке текста диссертации. Как следствие – по истечении срока обучения аспирант мог не успеть полностью подготовить диссертационное исследование. Кроме того, в программе аспирантуры, реализуемой по ФГОС, образовательный компонент более структурирован и направлен на сдачу кандидатских экзаменов и/или преподавательскую деятельность, поэтому бывшим студентам и магистрам легче осваивать дисциплины, получать зачёты и оценки, чем заниматься научными исследованиями, требующими больше времени, усилий и специальных навыков [10, с. 16; 22, с. 121].

Во-вторых, *отсутствие стимулов писать диссертацию*. Для успешного прохождения государственной итоговой аттестации аспирант должен был сначала сдать государственный экзамен, а затем представить научный доклад. Однако данная процедура не являлась предзащитой. Фактически аспиранту не обязательно было представлять комиссии готовую (или практически готовую) диссертацию. По итогу обучения аспирант получал квалификацию “Исследователь. Преподаватель-исследователь” и на этом зачастую завершал свою научную деятельность [10, 22]. Кроме того, общеизвестно, что какая-то доля молодёжи поступает в аспирантуру с целью получить отсрочку от ар-

мии и другие социальные льготы, а не подготовить исследовательскую работу [23, с. 57].

В-третьих, *отсутствие механизмов сопровождения аспирантов до защиты*. Помимо того, что выпускники аспирантуры не имели мотивации преодолевать множество бюрократических препятствий на пути к защите, отсутствовали рабочие схемы доведения до защиты. Если у выпускника не было возможности защитить диссертацию в той же организации, в которой он обучался, ситуация ещё более усложнялась: ему необходимо было договариваться со сторонним диссертационным советом [10, 15].

В-четвёртых, *излишняя бюрократизация* процедуры подготовки аспирантов, структуры и содержания программ аспирантуры, реализуемых в соответствии с ФГОС. Данная проблема объединяет комплекс факторов, среди которых стоит выделить разные подходы и возможности при подготовке аспирантов в вузах и научных организациях, необходимость аккредитации программ аспирантуры, формализацию программ без учёта отраслевых особенностей и специфики научных организаций. Также фиксировалась низкая вовлечённость аспирантов в научные исследования и работу с научными руководителями в связи с педагогической загруженностью последних, особенно в вузах [10, 23–25].

К вышеперечисленным трудностям добавим ещё одну, временную, влияющую на эффективность работы аспирантуры, – *сложности переходного периода и адаптация института аспирантуры к новой модели в соответствии с федеральными государственными требованиями (ФГТ)*. В связи со вступлением в силу новых законодательных актов структурным подразделениям вузов и научных организаций могли потребоваться значительные ресурсы для решения следующих задач:

- разработка новых программ аспирантуры и сопутствующих локальных нормативных актов;
- обновление диссертационных советов в связи с новой номенклатурой научных специальностей;
- разработка механизмов и процедур перевода (по желанию аспирантов) на новые программы;
- одновременное осуществление процесса подготовки аспирантов как по новым программам (приёмная кампания на 2022/23 учебный год), так и по действующим программам в соответствии с ФГОС;
- реоформление лицензии в связи изменением наименования образовательных программ (несмотря на то, что процедура реоформления лицензии чётко определена, нередко возникают технические сбои, ошибки и пр.).

Таким образом, проблемы и сложности, стоящие на пути развития института аспирантуры,

можно условно разделить на две группы: носящие внешний временный характер (например, пандемия COVID-19, переходный период); внутренние постоянные противоречия и барьеры, связанные с экономическими, материально-техническими, педагогическими аспектами функционирования аспирантуры, которые усилились в связи с изменением концепции аспирантуры как третьей степени образования. Большой акцент был сделан на образовательной составляющей программы аспирантуры в ущерб научно-исследовательской деятельности, что негативным образом сказалось на эффективности исследуемого института. Несмотря на неизбежные трудности, процесс трансформации института аспирантуры – необходимый системный шаг, призванный выстроить единую структуру получения высшего образования в России, разрешить накопившиеся проблемы и противоречия.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ АСПИРАНТУРЫ

Обновление и дополнение нормативно-правовой базы могут рассматриваться в качестве одного из инструментов, направленных на решение перечисленных выше проблем и реновацию института аспирантуры. Отечественная аспирантура перешла на новую модель подготовки научных и научно-педагогических кадров, закреплённую в ряде документов, среди которых следует выделить ФЗ-517 [18], согласно которому, приём по программам аспирантуры “в соответствии с ФГОС или образовательными стандартами прекращается” в 2022 г. (ст. 14 ФЗ-517). Поэтому приём на 2022/23 учебный год осуществлялся на программы аспирантуры, разработанные в соответствии с ФГТ или по “самостоятельно устанавливаемым требованиям, которые не могут быть ниже ФГТ”¹ (ст. 1, п. 3, подп. е ФЗ-517).

На текущем этапе функционирования института аспирантуры и на момент написания статьи складывается практика сосуществования двух моделей, так как приказ, утверждающий ФГТ, вступил в силу 1 марта 2022 г. В первой модели (образовательной) программы аспирантуры разработаны на основании ФГОС, Приказа Минобрнауки России от 19.11.2013 г. № 1259 [19] и других документов. Согласно ФЗ-517, обучение по программам аспирантуры, разработанным на основании ФГОС или ОС, “осуществляется до истечения нормативных сроков освоения указанных образовательных программ” (ст. 14, ч. 3 ФЗ-517), однако данный правовой документ не ис-

ключает возможность перехода аспирантов на программы, утверждённые в соответствии с ФГТ или СУТ (ст. 14, ч. 3, п. 5 ФЗ-517).

Вторая модель (антикризисная или компромиссная) регулируется Постановлением Правительства РФ от 30.11.2021 г. № 2122 [20], Приказом Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951 [21] и др. Проанализируем данные модели подробнее и выделим ключевые особенности функционирования аспирантуры в переходный период (табл. 2).

Сравнительный анализ позволил выделить ряд ключевых отличий. Во-первых, модель аспирантуры на основе федеральных государственных требований, в отличие от старой, ориентирована на *научную составляющую при реализации программы аспирантуры*. Так, в Положении № 2122 [20] определены требования, которым должен соответствовать научный руководитель, и перечень его непосредственных обязанностей. Трудоёмкость компонентов программ аспирантуры не регламентируется (образовательные организации вправе самостоятельно распределять учебную и научно-исследовательскую нагрузку). Отмечается, что аспирантура ориентирована на подготовку как научно-педагогических, так и научных кадров. По новым программам в комплект документов входят и учебный, и научный планы. Стоит отметить, что, в отличие от программ аспирантуры в соответствии с ФГОС, прослеживается тенденция *большой индивидуализации и специализации процесса подготовки обучающихся в аспирантуре*, так как обязательным требованием при реализации программ становится не только утверждение индивидуального учебного плана, но и научного. Обучение проводится не по направлениям подготовки, а по научным специальностям, кроме того, сохранена возможность для организаций включить в образовательный компонент элективные и факультативные дисциплины.

Во-вторых, несмотря на расширение полномочий организаций в выборе содержательного наполнения образовательного компонента и отказ от жёсткой структурированности программ, чётче обозначены и закреплены *механизмы контроля освоения программы аспирантуры по научной специальности и предусмотрены механизмы дополнительной поддержки аспирантов при выходе на защиту диссертации*. Так, разделами IV и V Положения № 2122 [20] устанавливается порядок контроля за реализацией компонентов программы аспирантуры, в том числе проведение итоговой аттестации, а также порядок сопровождения лиц до защиты при успешном освоении программы аспирантуры. Одной из особенностей новых программ стало усиление ответственности научного руководителя.

В-третьих, вместо диплома об окончании аспирантуры государственного образца выпускник

¹ Для образовательных организаций высшего образования, которые указаны в статье 11 части 10 ФЗ-273 “Об образовании” и наделены правом “разрабатывать и утверждать самостоятельно устанавливаемые требования”, согласно статье 11 части 11 ФЗ-273 “Об образовании”.

Таблица 2. Сравнительный анализ оснований двух моделей аспирантуры

Показатели и ключевые критерии изменений в разработке и реализации программ аспирантуры	Приказ Минобрнауки России от 19.11.2013 г. № 1259	Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 г. № 2122
Наименование модели и правовые основания	Модель аспирантуры до 2022/23 учебного года – на основе ФГОС или ОС	Модель аспирантуры с 2022/23 учебного года – на основе ФГТ или СУТ
Срок реализации	Вступил в силу 23 февраля 2014 г.	Вступил в силу 1 марта 2022 г., действует до 1 сентября 2028 г.
Категории сотрудников, которых готовит аспирантура	Научно-педагогические кадры	Научные и научно-педагогические кадры
Наличие аккредитации программ аспирантуры	Необходимость прохождения процедуры государственной аккредитации программ аспирантуры	Государственная аккредитация не требуется
Предметно-тематическая ориентация (реализация) программ аспирантуры	Направления подготовки и направленность (профиль)	Научные специальности
Документы об образовании и квалификации по окончании аспирантуры	В случае успешной государственной итоговой аттестации выдаётся диплом об окончании аспирантуры	В случае успешной итоговой аттестации выпускник получает заключение о соответствии диссертации критериями, установленным ФЗ “О науке и государственной научно-технической политике” от 23.08.1996 г. № 127-ФЗ, а также свидетельство об окончании аспирантуры
Соотношение научного и образовательного компонентов	В приоритете – освоение образовательной части программы	В приоритете – научная составляющая и подготовка диссертации
Требования к научному руководителю и его обязанности	В нормативно-правовом акте напрямую не закреплены требования к лицу, назначаемому научным руководителем аспиранта	Требования к научному руководителю и его функционалу прописаны в документе. Предусмотрено закрепление двух научных руководителей или научного консультанта при проведении аспирантом междисциплинарных исследований (п. 8, 9, 22)
Контроль качества освоения программ аспирантуры	Предусмотрен текущий контроль, промежуточная и итоговая (государственная итоговая) аттестация. По окончании обучения – государственная итоговая аттестация (ГИА). Предзащита диссертаций не обязательна	Предусмотрен текущий контроль успеваемости, промежуточная и итоговая аттестация. По окончании обучения – итоговая аттестация. Предзащита диссертаций обязательна
Досрочное окончание аспирантуры и досрочная защита диссертации	Предусмотрено ускоренное обучение и сокращение срока освоения программ аспирантуры, следовательно, прохождение ГИА. В нормативно-правовом акте не закреплена досрочная защита диссертации	Предусмотрена досрочная итоговая аттестация по личному заявлению и при условии полного освоения всех компонентов программы аспирантуры
Сопровождение выпускников аспирантуры	В нормативно-правовом акте не закреплено. Сопровождение выпускников аспирантуры не обязательно	В п. 5 данного постановления установлен порядок сопровождения выпускников, успешно освоивших программу аспирантуры, для представления диссертации в диссертационный совет

по итогам успешного освоения программы по ФГТ (СУТ) и прохождения итоговой аттестации получает свидетельство об окончании аспирантуры и заключение «о соответствии диссертации критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом “О науке и государственной научно-технической политике”» (п. 47, 48 Постановления Правительства РФ № 2122 [20]). Как следствие, не требуется государственная аккредитация образовательных программ [26, с. 15–17]. Кроме того, в соответствии с п. 6, ст. 14 ФЗ-517, на обучающихся по программам, разработанным на основании ФГОС, распространяются аналогичные академические права и обязанности, предусмотренные для аспирантов, которые осваивают новые программы на основе ФГТ.

Напрашивается вывод, что большинство проблем российской аспирантуры, ранее отмечавшихся специалистами [10, 12, 15], были частично учтены при разработке и обновлении законодательного поля современной аспирантуры, базирующейся на ФГТ (СУТ). Корректировка стратегии подготовки кадров высшей квалификации остаётся одной из приоритетных задач для улучшения человеческого капитала и укрепления научного и технического потенциала страны, особенно в сложные периоды геополитической напряжённости. Однозначного ответа на вопрос, сможет ли реформа третьей ступени высшего образования решить хотя бы часть вышеперечисленных проблем, пока нет. Стоит отметить, что введённые правовые изменения² значительно сблизили два взаимосвязанных процесса – обучение в аспирантуре и механизм защиты диссертации в совете, закреплённый Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 “О порядке присуждения учёных степеней” [9]. Новый алгоритм подготовки в аспирантуре на основе ФГТ предусматривает и на правовом уровне закрепляет необходимость достижения результатов претендентом на получение учёной степени кандидата наук (например, подготовку статей наряду с написанием текста диссертации).

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РОССИЙСКОЙ АСПИРАНТУРЫ

Представленные в статье сведения формируют задел для дальнейшего критического осмысления процессов, происходящих с российской аспирантурой. Исследование позволило выявить ряд непростых вопросов и задач, которые стоят сегодня перед управленцами, занимающимися повышением эффективности аспирантуры. В частности, установлено, что принятие ФЗ-517 предоставило

больше свободы организациям при определении содержания и структуры программ, но этот процесс может вызвать ряд негативных последствий: снижение качества обучения в аспирантуре и излишнюю формализацию разработки программ.

Раньше качество образования обеспечивалось обязательной процедурой аккредитации аспирантских программ. Несмотря на то, что данная процедура подвергалась критике (утверждалось, что она не имела реальных инструментов оценки качества работы как аспирантов, так и научно-образовательных учреждений, руководствовалась инструментами, применимыми на других образовательных ступенях, но не подходящими аспирантурам, – проверкой учебных планов, фондов оценочных средств, матриц компетенции) [10, с. 16], руководители аспирантур и профессорско-преподавательский состав приняли на вооружение такую систему оценки и успешно ею пользовались. В результате перед ними встала задача адаптации к новой реальности. Придётся внимательно и скрупулёзно определить соотношение научных и образовательных компонентов, ориентируясь на специфику конкретных научных специальностей, установить систему расчёта нагрузки аспирантов, разработать критерии оценки их деятельности. Освоил ли аспирант определённые дисциплины, была ли плодотворна его научная деятельность, насколько успешно он прошёл практику – для ответа на эти вопросы необходимо будет выработать внутренние нормативы.

Дискуссионным остаётся вопрос *самоорганизации аспирантуры как системы*. Исследователи отмечают, что такой процесс активно происходил и до введения ФЗ-517: в системе подготовки аспирантов существовали различия, несмотря на попытки её унификации. Они были обусловлены многообразными “целями руководства организаций и самих аспирантов, различными траекториями профессионального становления в разных областях” [27 с. 163]. Предполагается, что с введением ФЗ-517 расхождения будут более существенными. Является ли эта тенденция положительной или отрицательной? С одной стороны, неоднородность в направленности подготовки (педагогической или научной) и качестве полученного образования может проявиться ещё сильнее, с другой – увеличится гибкость системы, что, на наш взгляд, отвечает потребностям самих аспирантов, рынка научных кадров, а также веяниям времени, когда индивидуализация начинает цениться больше, чем стандартизация и унификация.

Всё ещё остро стоит вопрос *финансирования аспирантуры*. Отмечается, что один из ключевых факторов, обусловивших кризисное состояние российской аспирантуры, – недостаточная финансовая поддержка аспирантов [23, с. 60, 61; 25].

² Вступление в силу в 2021 и 2022 гг. новых правовых документов, например, Приказа Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951 и др.

Как следствие, аспиранты вынуждены совмещать обучение с работой, которая не всегда связана с образовательным профилем, осваиваемым в вузе или научной организации [22, с. 122]. Чтобы преодолеть это несоответствие, п. 11 Постановления Правительства РФ от 30.11.2021 г. № 2122 [20] закрепил полномочия образовательных организаций трудоустроить своих аспирантов на определённый ряд должностей. Таким образом, на законодательном уровне прослеживается стремление предложить вариант решения проблемы материального обеспечения аспирантов, однако есть сомнения в возможности трудоустроить всех аспирантов в вузы или научные организации.

В качестве спорных моментов реновации института аспирантуры можно рассматривать как сам *переходный период* смены алгоритмов подготовки кадров (переход с ФГОС на ФГТ), так и применение на практике новых законодательных инициатив. В научной литературе высказываются разные точки зрения относительно внедряемых изменений – и скептические [26, с. 16; 28], и оптимистические [10]. Слепое копирование западных моделей аспирантуры теперь признаётся нецелесообразным [29, с. 71; 30, с. 416]. Продолжается дискуссия о специализации обучения: с одной стороны, утверждается необходимость диверсификации программ аспирантуры – их содержания, формы, целевой направленности [31, с. 17], с другой – доказываются, что уклон в сторону узкопрофильного знания препятствует целостному развитию личности [32, с. 164] и проведению качественных фундаментальных научных исследований. В этом отношении исследователям и управленцам ещё предстоит найти некую золотую середину, чтобы не допустить метаний из крайности в крайность.

Среди других предложений, направленных на повышение эффективности аспирантуры в России, отметим следующие: дальнейшее согласование деятельности аспирантур и диссертационных советов [33, с. 48]; большее внимание к региональным образовательным и научно-образовательным организациям; внедрение в них сетевых форм организации образования, что позволит перенять лучший опыт ведущих вузов и повысить качество обучения [34, с. 154].

В качестве рекомендаций по повышению результативности программ аспирантуры, усилению мотивации к научно-исследовательской деятельности в ходе обучения можно предусмотреть возможность освоения аспирантами методики подготовки диссертационной работы и проведения научного исследования, получения навыков “самоменеджмента в науке”, изучения способов и приёмов апробации и презентации собственных научных результатов. Кроме того, в долгосрочной перспективе погружение аспиранта в на-

учно-исследовательскую среду профильного отдела или лаборатории, а также в работу совета молодых учёных может способствовать сокращению или нивелированию адаптационного периода при переходе аспиранта в статус младшего научного сотрудника в случае продолжения научной карьеры.

Таким образом, перед реформаторами системы подготовки кадров в аспирантуре стояла непростая задача. Необходимо было усилить научную составляющую аспирантуры, в то же время не следовало концентрироваться исключительно на диссертационном подходе, когда аспирант не уделяет время подготовке к экзаменам, сдаёт их в чисто формальном режиме, а основные усилия направляет на проведение узкоспециализированного исследования. Второй подход, по мнению многих исследователей, “противоречит современным представлениям о личности молодого учёного” [11, с. 63].

Изменения правового каркаса института аспирантуры, стартовавшие в конце 2020 г., а также переход на новый алгоритм подготовки научных и научно-педагогических кадров могут рассматриваться как закономерные шаги модернизации системы высшего образования в России. Среди других изменений, произошедших в последние два года, можно отметить введение новой номенклатуры научных специальностей, внесение изменений в состав и работу диссертационных советов. Несмотря на предпринятые действия по решению кризисной ситуации в секторе подготовки и аттестации кадров высшей квалификации, на наш взгляд, следует указать на ряд трудностей, связанных с переходным периодом: параллельная реализация двух моделей аспирантуры; приведение локальных нормативных актов образовательных организаций в соответствие с новыми законодательными документами; адаптация аспирантов, решивших перейти на новую модель аспирантуры. Можно предположить, что первых результатов государственных инициатив стоит ожидать по итогам полного цикла обучения на основе ФГТ (СУТ). Не будем исключать вероятность того, что принятые правовые документы будут изменяться и дополняться, что повлияет на эффективность работы института аспирантуры. Кроме того, можно предположить, что в 2022 г. наблюдался кратковременный рост защит диссертаций вследствие перехода на новую номенклатуру научных специальностей и в связи с регламентацией срока работы диссертационных советов по специальностям, которые “изменены или исключены из номенклатуры научных специальностей” (подробнее см. Приказ Минобрна-

уки России от 24.02.2021 г. № 118 “Об утверждении номенклатуры научных специальностей” [35]).

Наконец, в связи с текущими непростыми социально-политическими условиями и связанным с ними риском массовой утечки кадров из страны на первый план выходит задача проведения активной государственной политики поддержки аспирантуры. Необходимо повысить мотивацию перспективной и талантливой молодёжи профессионально заниматься научной деятельностью, упростить механизмы обеспечения финансовой, методической, организационно-технической, информационной поддержки научных отраслей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пирожкова С.В.* Основные особенности социокультурного статуса молодого учёного // Вестник РАН. 2021. № 3. С. 243–252; *Pirozhkova S.V.* The Main Features of the Sociocultural Status of a Young Scientist // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2021. № 2. P. 144–152.
2. *Сергеев А.М.* Проблемы формирования научного кадрового потенциала Российской Федерации и пути их решения // Вестник РАН. 2021. № 12. С. 1093–1097; *Sergeev A.M.* Problems of Forming Scientific Personnel Potential of the Russian Federation and Their Possible Solutions // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2021. № 6. P. 656–660.
3. Национальные проекты: целевые показатели и основные результаты, 2019 г. <http://static.government.ru/media/files/p7nn2CS0pVhvQ98OOWAt2dz-CIAietQih.pdf> (дата обращения 03.06.2022).
4. Минобрнауки назвало недопустимо низким число защит диссертаций в аспирантурах. <https://tass.ru/obschestvo/5619574> (дата обращения 08.02.2022).
5. “Об утверждении общих объёмов контрольных цифр приёма по специальностям и направлениям подготовки и (или) укрупнённым группам специальностей и направлений подготовки для обучения по образовательным программам высшего образования за счёт бюджетных ассигнований федерального бюджета на 2021/22 учебный год” (Приказ № 395 от 13 марта 2020 г.). https://www.minobrnauki.gov.ru/documents/?ELEMENT_ID=18516&sphrase_id=265031 (дата обращения 03.06.2022).
6. “Об утверждении общих объёмов контрольных цифр приёма по специальностям и направлениям подготовки и (или) укрупнённым группам специальностей и направлений подготовки для обучения по образовательным программам высшего образования, а также по группам научных специальностей и (или) научным специальностям для обучения по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) за счёт бюджетных ассигнований федерального бюджета на 2023/24 учебный год” (Приказ № 16 от 10 января 2022 г.). https://www.minobrnauki.gov.ru/documents/?ELEMENT_ID=45886&sphrase_id=265042 (дата обращения 03.06.2022).
7. *Гусев А.Б.* Круглый стол “Роль аспирантуры в воспроизводстве научных кадров” // Управление научкой и наукометрия. 2015. № 17. С. 196–224.
8. Индикаторы образования – 2022: статистический сборник. М.: НИУ “Высшая школа экономики”, 2022. <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/557472415.pdf> (дата обращения 02.07.2022).
9. “О порядке присуждения учёных степеней” (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842). <https://rg.ru/2013/10/01/stepen-site-dok.html> (дата обращения 11.06.2022).
10. *Караваева Е.В., Костенко О.А., Маландин В.В., Мосичева И.А.* Программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре как базовый инструмент укрепления кадрового потенциала российской науки // Высшее образование в России. 2022. № 1. С. 9–23.
11. *Сенашенко В.С.* Особенности реформирования отечественной аспирантуры как предмет дискуссии // Высшее образование в России. 2020. № 3. С. 58–73.
12. *Терентьев Е.А., Бедный Б.И.* Проблемы и перспективы развития российской аспирантуры: взгляд региональных университетов // Высшее образование в России. 2020. № 10. С. 9–28.
13. *Сергеева Н.М.* Утрата своей социальной сущности современной аспирантурой как один из факторов, определяющих негативные тенденции в численности кадров высшей школы // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2021. № 1 (34). С. 230–233.
14. *Колобова Е.А., Чигирёва И.В., Колесникова С.В.* Анализ и моделирование подсистемы мониторинга эффективности подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре // Вестник НГУЭУ. 2020. № 4. С. 158–173.
15. *Матушанский Г.У., Завада Г.В., Матушанская Ю.Г.* Барьеры в аспирантской подготовке и при защите кандидатской диссертации // Высшее образование в России. 2019. № 8–9. С. 55–66.
16. *Попов А.И., Пучков Н.П.* Организация психолого-педагогической подготовки в аспирантуре технического вуза // Гуманитарные исследования Центральной России. 2020. № 1. С. 68–77.
17. *Жучкова С.В.* Доказательное развитие аспирантуры: ландшафт исследований аспирантского опыта // Университетское управление: практика и анализ. 2021. № 2. С. 98–113.
18. «О внесении изменений в Федеральный закон “Об образовании в Российской Федерации” и отдельные законодательные акты Российской Федерации» (Федеральный закон от 30.12.2020 г. № 517-ФЗ). <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012300052> (дата обращения 16.05.2022).
19. “Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)” (Приказ № 1259

- от 19 ноября 2013 г.). <https://base.garant.ru/70581484/> (дата обращения 16.06.2022).
20. “Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)” (Постановление Правительства РФ № 2122 от 30.11.2021 г.). <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202111300127> (дата обращения 16.05.2022).
 21. “Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учётом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)” (Приказ № 951 от 20.10.2021 г.). <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202111230037> (дата обращения 16.05.2022).
 22. *Рукавишников С.М.* Проблемы совершенствования системы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре // Гуманитарные и юридические исследования. 2021. № 3. С. 120–123.
 23. *Терентьев Е.А., Бекова С.К., Малошонок Н.Г.* Кризис российской аспирантуры: источники проблем и возможности их преодоления // Университетское управление: практика и анализ. 2018. № 5. С. 54–66.
 24. *Малошонок Н.Г., Терентьев Е.А.* На пути к новой модели аспирантуры: опыт совершенствования аспирантских программ в российских вузах // Вопросы образования. 2019. № 3. С. 8–42.
 25. *Бедный Б.И., Воронин Г.Л., Миронос А.А., Рыбаков Н.В.* Барьеры на пути к учёной степени: проблемы постаспирантского периода // Университетское управление: практика и анализ. 2021. № 1. С. 35–48.
 26. *Камышанский В.П.* Об аспирантуре и “инновациях” Минобрнауки России в правилах подготовки научно-педагогических кадров // Власть закона. 2021. № 3 (47). С. 12–17.
 27. *Старшинова Т.А.* Адаптивность и самоорганизация системы подготовки кадров в аспирантуре // Высшее образование в России. 2021. № 12. С. 157–166.
 28. *Касаткин П.И., Иноземцев М.И., Антохова Е.А., Макарова А.А.* Актуальные проблемы модернизации третьей ступени высшего образования и практики реформирования // Высшее образование в России. 2022. № 1. С. 141–158.
 29. *Видревич М.Б., Завирюха М.И.* Реформирование третьей ступени высшего образования на основании зарубежного опыта // Управленец. 2017. № 1 (65). С. 66–71.
 30. *Рубан Л.С.* Компаративный анализ российской и западной системы образования и подготовки научных кадров // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия “Социология”. 2020. № 2. С. 416–429.
 31. *Бедный Б.И., Бекова С.К., Рыбаков Н.В. и др.* Профессиональная аспирантура: мировой опыт и российский контекст // Высшее образование в России. 2021. № 10. С. 9–21.
 32. *Ищенко Е.Н.* “История и философия науки” на перекрёстке реформ аспирантуры: полемические заметки // Высшее образование в России. 2021. № 8–9. С. 158–167.
 33. *Пахомов С.И., Гуртов В.А., Щёголева Л.В.* Согласование систем подготовки и аттестации кандидатов наук // Высшее образование в России. 2021. № 7. С. 40–49.
 34. *Латкин А.П., Троценко А.Н.* Ожидаемые эффекты реформирования российской аспирантуры в контексте развития отечественной наук // Ойкумена. Регионоведческие исследования. 2020. № 4. С. 148–157.
 35. “Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются учёные степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук, утверждённое приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 ноября 2017 г. № 1093” (Приказ Минобрнауки России № 118 от 24.02.2021 г.). <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202104060043> (дата обращения 11.04.2022).

МИГРАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В АФРИКЕ И ПРОБЛЕМА БЕЗОПАСНОСТИ КО ВТОРОМУ САММИТУ “РОССИЯ–АФРИКА”

© 2023 г. Г. М. Сидорова^{а,*}, Н. А. Жерлицына^{а,**}

^аИнститут Африки РАН, Москва, Россия

*E-mail: gal_sid@mail.ru

**E-mail: ns_inafr@mail.ru

Поступила в редакцию 08.08.2022 г.

После доработки 10.10.2022 г.

Принята к публикации 05.11.2022 г.

Общеизвестно, что в последние десятилетия нарастают масштабы миграционных процессов, охвативших практически все континенты. В статье предпринимается попытка оценить миграцию в Африке в зоне Сахеля и государствах южнее Сахары, как законную, так и незаконную, выявить её причины, а также установить связь между конфликтами и их последствиями. Кроме того, поставлена задача проанализировать основные маршруты миграций. Авторы исследовали миграционные процессы в таких странах, как Буркина Фасо, Нигер, ДР Конго, Центральноафриканская Республика, Чад и других. Эти страны объединяет слабость государственных силовых структур, не способных пока самостоятельно решать задачи национальной безопасности. Осложняют обстановку экстремистские организации типа Боко Харам, терроризирующие местное население. Не могут решить задачу безопасности и бывшие метрополии. Новизна исследования состоит в установлении взаимосвязи между конфликтами и миграциями. Формулируется вывод о том, что проблема миграций может быть решена только при условии политического и экономического усиления стран региона, когда внешняя помощь будет направляться не на вооружение, а на цели развития. Важная роль в обеспечении безопасности границ и гражданского населения должна принадлежать национальным силовым структурам при опоре на международную поддержку. По мнению авторов, в ближайшей перспективе, при сохранении нестабильной военно-политической и экономической ситуации в ряде государств, миграции на континенте будут только усиливаться.

Ключевые слова: Африка южнее Сахары, Сахель, миграционные процессы, вооружённые конфликты, беженцы, исламистский радикализм, национальная стабильность, международная безопасность, экстернализация миграции.

DOI: 10.31857/S0869587323020093, EDN: FDHTQF



СИДОРОВА Галина Михайловна — доктор политических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Центра изучения российско-африканских отношений и внешней политики стран Африки ИАФР РАН. ЖЕРЛИЦЫНА Наталья Александровна — кандидат исторических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Центра истории и культурной антропологии ИАФР РАН.

Вооружённые конфликты и их связь с массовыми перемещениями людей на африканском континенте всё чаще привлекают внимание учёных. События в африканских государствах сказываются на ситуации в различных странах мира, куда прибывают мигранты, дестабилизируя там обстановку, подрывая национальную безопасность. Массовое стихийное перемещение людей порождает сложные, порой неразрешимые политические, социальные или религиозные конфликты. Кроме того, миграция стала оказывать воздействие на облик принимающих стран, изменяя демографическую, культурную и социально-политическую картину.

XXI столетие стало веком глобальной миграции. За последние десять лет число мигрантов в мире увеличилось вдвое по сравнению с 2012 г. По словам верховного комиссара ООН по делам беженцев Филиппо Гранди, “каждый год последне-

го десятилетия число беженцев росло. Либо международное сообщество объединится, чтобы принять меры по преодолению этой человеческой трагедии, разрешению конфликтов и поиску долгосрочных решений, либо эта ужасная тенденция сохранится” [1]. В миграционные процессы включено большинство стран и регионов мира. Из-за конфликтов в 2021 г. почти 51 млн человек стали внутренне перемещёнными лицами, один человек из 88 стал беженцем, а это составляет 1% мирового населения [2]. К середине 2021 г. на положении вынужденно перемещённых лиц во всём мире оказались 84 млн человек (к концу 2020 г. — 82.4 млн). Почти 50.9 млн человек были вынуждены покинуть свои дома в результате конфликтов, 4.4 млн искали убежище, а 26.6 млн были вынуждены стать беженцами [3]. Причём дети и подростки в возрасте до 18 лет составляют 42% всех вынужденно перемещённых лиц; это самая уязвимая социальная группа, особенно когда кризисы продолжаются годами. По оценке Управления Верховного комиссара ООН по делам беженцев (УВКБ ООН), почти миллион детей родились беженцами в период с 2018 по 2020 г.

Согласно данным Агентства ООН по делам беженцев, охватывающим период с января по июнь 2021 г., число перемещённых лиц относительно 2020 г. заметно увеличилось, несмотря на ограничения, введённые в связи с пандемией ковида [4]. В первую очередь это обусловлено многочисленными конфликтами в странах Африки: активные внутренние миграции были зафиксированы в Демократической Республике Конго (1.3 млн человек) и Эфиопии (1.2 млн). В последнее десятилетие особое внимание привлекает Сахель как регион, где отмечен целый ряд серьёзных кризисов, каждый из которых негативно влияет на международную стабильность. Буркина-Фасо, Мали, Мавритания, Чад и Нигер — одни из самых бедных и слабых стран в мире; обстановка в них характеризуется политической нестабильностью, хроническим насилием, транснациональной организованной преступностью, джихадистскими мятежами, гуманитарными кризисами и, как следствие, крупномасштабной миграцией или перемещением населения. Кризис в Сахеле, начавшийся в Мали в 2012 г., распространился на соседние Буркина-Фасо и Нигер и с тех пор неуклонно усиливается, особенно с 2020 г. За последние годы эскалация насилия в регионе Центрального Сахеля привела к увеличению числа перемещённых лиц с 70 тыс. в 2018 г. до 1.5 млн в 2020 г. В Буркина-Фасо число беженцев увеличилось более чем на 100% с начала 2020 г. [5].

Методология, применявшаяся в работе над данной статьей, обусловлена комплексным характером исследования. Тесная связь между безопасностью и миграцией подтолкнула авторов к применению *критической теории* в качестве ме-

тодологической основы. Эта теория позволяет выявить модели поведения, обусловленные политическими решениями, которые не являются ни естественными, ни необратимыми, ни неизменными. Глобализация и интернационализация миграции рассматриваются как угроза международной безопасности, в том числе для принимающих стран. Анализировался широкий круг работ как по общей теории миграции [6, 18, 19], так и посвящённых ситуации в странах Центральной Африки и Сахеле [9–13, 15], а также документы ООН и Мирового банка последних лет [1–5, 7, 14, 16].

ВООРУЖЁННЫЕ КОНФЛИКТЫ В СТРАНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АФРИКИ

Главной причиной массового перемещения населения в Африке по-прежнему являются вооружённые конфликты, а вместе с ними — разгул боевиков незаконных вооружённых формирований, нарушение прав человека, снижение уровня жизни. Хотя, конечно, этим не ограничиваются истоки этого явления. К примеру, нередко причиной возникновения конфликтов бывают сепаратистские настроения различных этносов, претендующих на отделение от государства или предоставление им автономии, обострение религиозного противостояния [6].

В 2021–2022 гг. вооружённые конфликты в ряде стран субсахарской Африки характеризовались высоким уровнем смертности, ранений, психологических травм и сексуального насилия среди гражданского населения, практикой применения пыток, разлучением семей и исчезновением гражданских лиц. В результате конфликтов повреждены или разрушены объекты критически важной инфраструктуры, что нарушало работу жизненно важных служб водоснабжения, санитарии, электроснабжения и здравоохранения. Злоупотребление цифровыми технологиями способствовало распространению ложной информации, дезинформации и ненависти, подпитывая конфликт и повышая риски причинения вреда мирным жителям. Военные действия, бюрократические препятствия, негативное воздействие санкций и контртеррористических мер на гуманитарную деятельность, насилие в отношении гуманитарного персонала и имущества и другие трудности — всё это затрудняло помощь гражданскому населению [3].

Со времени обретения независимости Центральноафриканской Республикой в 1960 г. и до военного переворота А. Колингбы в 1981 г. у власти находились представители одной семьи из немногочисленного этноса нгбака, выражавшие интерес своей этнической группы, проживающей на юге страны. Положение доминирующих групп существенно изменилось в 1990-х годах, к власти пришли группы с севера страны. В резуль-

тате началось противостояние новой и отстранённой политических элит. В ЦАР с разной степенью интенсивности вспыхивали вооружённые конфликты, в основном между представителями христианской и мусульманской общин, которые достигли своего апогея к концу 2012 г., когда столкновения между боевиками христианского ополчения “Антибалака” и исламистской коалиции “Селека” охватили практически всю территорию ЦАР. Только через 10 лет, весной 2022 г., правительству удалось вытеснить вооружённые группировки с территории страны, но мир остаётся хрупким. В результате военных действий в ЦАР медицинские учреждения, рынки, школы и места отправления культа были разграблены или использованы в военных целях, а мосты, дома и школы — разрушены. Из-за конфликта доступ людей к земле был ограничен, что привело к резкому сокращению сельскохозяйственного производства (на 40% относительно 2020 г.). Вооружённые группировки оккупировали поля, ограничивая крестьянам доступ к сельскохозяйственным угодьям и лишая их возможности собирать урожай [7].

По состоянию на 1 февраля 2021 г. было зафиксировано 396 нарушений положений Политического соглашения о мире и примирении в Центральноафриканской Республике. В отношении гражданских лиц было совершено 290 нарушений; в их числе незаконные военные действия, ограничения на передвижение, препятствование деятельности государственных учреждений, гуманитарных организаций и Организации Объединённых Наций. Большинство нарушений предположительно совершили силы национальной обороны и безопасности, а также группировка “Возвращение, восстановление в правах и реабилитация”, Союз за мир в Центральноафриканской Республике, ополчение “Антибалака”, Народный фронт за возрождение Центральной Африки и Патриотическое движение за Центральную Африку [7].

Гуманитарная ситуация в ЦАР продолжала ухудшаться в 2020 и 2021 гг.: в защите и помощи нуждались 63% населения, или 3.1 млн жителей ЦАР, включая жертв сексуального и гендерного насилия, пожилых людей и лиц с инвалидностью, причём таких высоких показателей не отмечалось уже пять лет. Насилие продолжало провоцировать перемещение населения. По состоянию на 1 февраля 2021 г. 692 тыс. человек были перемещены внутри страны и более 736 тыс. человек искали убежище в соседних странах [7].

ВОЕННО-ПОЛИТИЧЕСКИЕ КОНФЛИКТЫ В САХЕЛЕ И СУБСАХАРСКОЙ АФРИКЕ

Главным фактором, толкающим население Сахеля к миграции, является беспрецедентная

конфликтность в регионе. Слабость государств, десятилетиями не решающих жизненных проблем своих народов, оборачивается регулярными военными переворотами, ростом популярности экстремистских организаций как альтернативы безвластию и повсеместной эскалацией насилия. Почти 7 тыс. человек были убиты в результате нападений в Буркина-Фасо, Мали и Нигере в течение 2020 г. [8]. В последние годы радикальные джихадистские группировки развязали беспрецедентную волну нападений на гражданское население. Смертоносные межобщинные конфликты из-за ресурсов участились, и теперь на их долю приходится больше смертей, чем на религиозный экстремизм.

Истоки нынешнего кризиса в регионе восходят к 2012 г., когда малийское государство рухнуло в результате военного переворота и восстания этнических групп туарегов, которые образовали на севере Мали сепаратистское государство Азавад. Мали образца 2012 г. — слабое и хрупкое образование, практически лишённое официальных институтов, способных выработать устойчивые компромиссы на местном уровне. Вакуум власти заполнили исламистские радикалы: джихадистские группировки заключили союз с туарегами, и к концу 2012 г. вооружённая исламистская группировка “Ансар ад-Дин” и её союзники захватили города Кидаль, Тимбукту и Гао [9, р. 147]. Поскольку малийское правительство находилось в кризисе и было неспособно противостоять вооружённым группировкам, тогдашний президент Франции Ф. Олланд в январе 2013 г. начал операцию “Серваль”. Хотя она закончилась освобождением севера Мали от радикалов, уже в 2015—2016 гг. в центральных районах Мали вспыхнул новый конфликт. Насилие в основном было вызвано нападениями джихадистов, но коренилось в трениях между этническими общинами, особенно между догонами и фулани. Межобщинный конфликт в Мали перекинулся на соседние Буркина-Фасо и юго-запад Нигера. Начались столкновения между фулани и мосси в Буркина-Фасо, а также между фулани, туарегами и дауссахакками на западе Нигера. Франция ответила на это операцией “Бархан”, расширением сферы французской миссии на другие бывшие французские колонии в регионе — Буркина-Фасо, Мавританию, Нигер и Чад. Но внешнее военное вмешательство не принесло мира в Сахель. 2 января 2021 г. исламистские боевики убили более 100 мирных жителей в Тиллабери (Нигер), недалеко от границы с Мали и Буркина-Фасо [10]. Непосредственно в Мали ситуация остаётся крайне нестабильной: свою роль здесь играют политика жёсткой экономии, навязываемая МВФ, и конфликты, вспыхивающие по всей территории страны. В 2020 и 2021 гг. там совершились ещё два государственных переворота.

Ситуация в других частях Сахеля пока не такая тяжёлая, как в Мали, но все страны региона страдают от разной степени нестабильности и слабости государства. По отдельности ни одно из них не может адекватно реагировать на проблемы с обеспечением средств к существованию и тем более решить проблему миграции. Слабое место Мавритании – отсутствие национального единства: население этой исламской республики резко разделено на три различные этнокультурные группы, соперничающие и не признающие превосходства друг друга. Эта ситуация используется исламистскими повстанцами в регионе. В рядах таких групп, как “АКИМ” и “Аль-Мурабитун” много мавританцев, в коммюнике “АКИМ” от 8 мая 2018 г. Мавритания недвусмысленно упоминается в числе стран, на которые следует нападать сторонникам группы [11, р. 19].

Начиная с 2019 г. Буркина-Фасо страдает от нападений джихадистов больше, чем любая другая территория Сахеля: с 2017 по 2020 г. число нападений радикалов увеличилось на 44% [12]. В пограничном районе трёх государств, называемом Липтако-Гурма, отделяющем восточную часть Мали от Буркина-Фасо и Нигера, гнездятся не только остатки “Движения за единство и джихад в Западной Африке”, но и другие повстанческие формирования. К ним относятся прежде всего группировка, возглавлявшаяся Абу Валидом ас-Сахарави, которая присягнула на верность ИГИЛ, и “Ансар уль-ислам”, созданная уроженцем Буркина-Фасо Ибрагимом Маламом Дикко. Обе группировки превратились в жестокие повстанческие движения, прежде чем французским военным удалось ликвидировать обоих лидеров. Сложный комплекс факторов, включая нищету, неравенство и растущее присутствие воинствующих экстремистских образований, является причиной того, что с 2019 г. ситуация в Буркина-Фасо стала самым быстрорастущим гуманитарным кризисом в мире. С 2018 по 2020 г. число перемещённых лиц в Буркина-Фасо увеличилось более чем в 10 раз и составило чуть более миллиона человек [13].

Той страной Сахеля, через которую проходит маршрут миграции на север, в направлении Европы, с городом Агадесом в качестве главного центра миграции, является Нигер. Именно поэтому Нигер был выделен ЕС в качестве своего рода шлагбаума для африканских мигрантов на пути в Европу. Эта нищая, слабая страна по настоянию Европы принимает всё более репрессивные меры для сдерживания миграции и закрытия миграционных центров в северных районах страны.

Тяжелейшие последствия имели ожесточённые столкновения между боевиками незаконных вооружённых формирований в ДР Конго, начиная с марта 2022 г. Зафиксированы случаи маро-

дёрства, поджогов домов и взрывов на рынках, в ресторанах и местах отправления культа [3]. Вооружённые столкновения вынудили около 10 тыс. человек (в основном из района Рутчуру на востоке республики) бежать в соседнюю Уганду. Тысячи детей, женщин и мужчин прибыли с территории Рутчуру, расположенной в нескольких километрах от пограничного пункта Бунагана в угандийском районе Кисоро¹. Кроме того, около 36 тыс. человек были перемещены в пределах ДР Конго. Большинство из них были размещены в принимающих семьях, на рынках или в школах. Условия безопасности затрудняют доступ к пострадавшим, поэтому для организации доставки гуманитарной помощи создаются целевые группы, например, под руководством УВКБ ООН и Всемирной продовольственной программы [14].

Многие лица, ищущие убежище, пересекают границу нелегально. УВКБ ООН создало систему для выявления и быстрого отслеживания людей, нуждающихся в экстренной помощи. Партнёры этой организации тоже реагируют на чрезвычайную ситуацию, в том числе местное самоуправление округа Кисоро и такие организации, как “Уход и помощь вынужденным мигрантам”, “Международные медицинские бригады”, “Врачи без границ”, “Международная организация спасения детей”, “Африканские инициативы по оказанию помощи и развитию”, Красный Крест Уганды и “Друзья Кисоро” [14]. На востоке ДР Конго, в провинции Южное Киву, действует Центр реабилитации женщин, пострадавших от сексуального насилия. Здесь трудится прославленный конголезский доктор Дени Муквеге. В 2014 г. он удостоен премии Сахарова, а в 2018 – Нобелевской премии мира. Бельгийская журналистка Коллет Брикман посвятила ему свою книгу под названием “Человек, который восстанавливает женщин” [15].

МАРШРУТЫ МИГРАЦИИ В САХЕЛЕ

Миграция населения в Сахеле – явление не новое для региона, здесь издревле проживали кочевники-скотоводы. Поэтому этот процесс опирается на давние культурные обычаи и реалии жизни людей, которые часто выходят за рамки национальных границ, не отражающих социальную и культурную структуру общества. Добывание средств существования здесь, как правило, связано с доступом к природным ресурсам и зависит от сезонной динамики осадков. Хотя типы внутрирегиональной миграции сильно различа-

¹ Надо отметить, что понятие “граница” в большинстве африканских стран не всегда соответствует привычному нам – с установленными пограничными столбами и нейтральной зоной. Чаще всего границы проводятся по рекам, другим водоёмам или естественным преградам; нередко граница бывает чисто условной.

ются от страны к стране, в целом их можно охарактеризовать следующим образом: трудовая миграция в городские или прибрежные экономические центры; сезонная занятость и перегон скота; перемещение людей по линии племенного и скотоводческого общества; перемещение в ответ на конфликты, преследования, климатические и экстремальные погодные катаклизмы.

Все страны Сахеля входят в число пятидесяти наименее развитых стран мира. “Мы живём в одном из самых бедных мест на земле”, – говорил бывший президент Мали Амаду Тумани Туре. Около 80% населения Сахеля имеют менее чем 1.9 доллара в день, и при этом прогнозируется рост населения региона с 90 млн в 2017 г. до 240 млн к 2050 г. [16].

Массовое перемещение населения в регионе отражает и усугубляет кризис продовольственной безопасности, поскольку доступ перемещённых лиц к сельскохозяйственным угодьям затруднён. Ещё один фактор кризиса в регионе – последствия изменения климата, которые напрямую влияют на жизнедеятельность значительной части населения. Температура в Сахеле повышается в 1.5 раза быстрее, чем в остальном мире, что приводит к чередующимся экстремальным засухам и наводнениям, снижению урожайности сельскохозяйственных культур и побуждает людей менять место жительства. Число тех, кто сталкивается с острой нехваткой продовольствия в Сахеле, за последние годы увеличилось с 3.9 до 7.4 млн, и если ситуация не улучшится, их станет ещё больше [17]. Пандемия COVID-19 повысила уязвимость населения региона. В дополнение к прямому негативному воздействию на общественное здоровье вирус вызвал целый ряд побочных эффектов, включая снижение экономической активности и доходов, потерю средств к существованию для многих и без того уязвимых групп населения, а также закрытие границ и ограничения на передвижение.

Следует сказать, что к настоящему времени Сахель стал ключевым коридором и отправным пунктом для тех, кто пытается добраться до Европы, часто с большим риском для себя. Значительная часть миграционных потоков, направляющихся в Европу, является нелегальной и проходит по двум опасным маршрутам: центральный (северный) через Сахару – из Нигера в Ливию и далее в Южную Европу, и западный – вдоль побережья Северной Африки, целью которого является Испания. Основной терминал центрального маршрута на Африканском континенте – ливийское побережье, а Италия – пункт прибытия в Европу. В Ливию африканские мигранты попадают из Нигера. Из города Ниамея, столицы Нигера, маршрут следует до города Агадес на северо-востоке страны. В этих областях экономика, по су-

ти, основана на торговле людьми и контрабанде. Миграционный путь продолжается в ливийском регионе Феццан, до города Сабха. Из Сабхи автоколонны доставляют людей на север, к западному побережью Ливии, откуда лодки выходят в море в направлении Италии. Пути миграции в основном совпадают с маршрутами контрабанды с юга на север и с севера на юг, где переправляются наркотики, сигареты, оружие, автомобили и запчасти, бензин. Здесь не доминирует какое-то одно преступное сообщество, группировки противостоят друг другу с оружием в руках, соперничая за гегемонию.

На север, в направлении Европы, отправляются жители Сахеля, имеющие в своём распоряжении значительные (по местным меркам) суммы денег. Невозможно попасть в Европу, не заплатив контрабандистам за их услуги. Как правило, потенциальные мигранты – молодые люди со средним или высоким уровнем образования, живущие в городских центрах, но не входящие в местные элиты и считающие, что на родине у них нет никаких перспектив [18, р. 381]. На северном маршруте мигранты подвергаются всему спектру опасностей нелегального путешествия: они рискуют быть задержанными государственными или негосударственными субъектами, которые подвергают мигрантов принудительному труду, сексуальной эксплуатации, пыткам, похищают их и даже убивают. Избегав задержания, переселенцы подвергаются опасности при пересечении Средиземного моря, где погибают 3.4% из них. В период с 2014 по 2018 г. Средиземное море стало братской могилой для почти 16 тыс. анонимных мигрантов [19].

Столкнувшись с пиком миграции в 2015 г., в попытке остановить поток прибывающих, Европейский союз и его государства-члены начали осуществлять политику экстернализации (недопущения) мигрантов [20, р. 16]. Нигер был выбран в качестве того места, далее которого мигранты не должны проникать. Другими словами, ЕС переместил южную границу Европы с северного берега Средиземноморья в Сахель. Были выделены миллиарды евро на укрепление местных правоохранительных органов и создание лагерей для содержания задержанных мигрантов. Стремясь укрепить собственные сектора безопасности и активизировать сотрудничество в целях развития, не только правительство Нигера, но и другие страны Сахеля активно взаимодействовали с европейцами [21, с. 645].

Из-за того внимания, которое уделяется ситуации с мигрантами в Европе, остаётся незамеченным, что большая часть миграции в Сахеле – внутрирегиональная и законная благодаря протоколам о свободном передвижении, которые применяются к большинству государств Западной

Африки. Гражданам Мали и Буркина-Фасо гораздо привычнее перемещаться в соседние более благополучные страны Африки [22, р. 602]. В случае Сахеля южный маршрут миграции ведёт в Кот-д'Ивуар и Гану. Этот маршрут сложился давно, ещё до разгула насилия в регионе, в те времена, когда практиковалась преимущественно экономическая миграция из Сахеля в прибрежные страны. Основными видами транспорта, которым пользуются мигранты, являются общественные автобусы и микроавтобусы. С возникновением COVID-19 и связанных с ним ограничений на трансграничное передвижение в качестве транспортных средств всё чаще используются мотоциклы и небольшие автобусы, которые ездят по просёлочным дорогам, чтобы обойти официальный пограничный контроль.

Чтобы попасть из Буркина-Фасо в Кот-д'Ивуар, беженцы и мигранты направляются в ключевой транзитный пункт город Кайя, а затем пользуются железнодорожными маршрутами до городов Уагадугу, Бобо-Диуласо и Банфора. По пути в Гану, в которую отправляется гораздо меньше переселенцев, ключевыми транзитными городами являются Лео и По, оба расположены недалеко от северной границы с Буркина-Фасо. Граждане Мали, желающие мигрировать в Кот-д'Ивуар, отправляются в города Сикассо и Мопти, а для переезда в Гану транзитными зонами становятся города Гао и Тимбукту [23, р. 12].

Подавляющее большинство людей, путешествующих по южному маршруту, — молодые, трудоспособные мужчины с низким уровнем образования. Большинство из них — трудовые мигранты, занятые сезонным сельскохозяйственным трудом на севере Ганы. Часть работников — мужчины, которые в районах своего происхождения занимались добычей полезных ископаемых, они мигрируют в том случае, если в местах их обычного проживания начинаются конфликты, и они лишаются средств к существованию. Эта категория работников стремится трудоустроиться на золотых приисках в Кот-д'Ивуаре. Начиная с 2018 г. представители правительств Ганы и Кот-д'Ивуара отмечают рост числа жителей Сахеля, прибывших в эти страны вследствие вооружённых конфликтов: в 2018 г. их было зарегистрировано всего около 300 человек, а в период с 2019 по 2020 г. уже 1158 человек [23, р. 14]. В состав этой группы, как сообщается, также входили женщины и дети.

Хотя миграции из стран Сахеля в направлении южных соседей являются традиционными для этих народов, с ростом числа мигрантов, вынужденных покидать места жительства из-за конфликтов, возросли и риски безопасности. Мигранты могут подвергаться вымогательству, кражам, произвольным задержаниям, трудовой эксплуатации, сексуальному насилию. На фоне

эпидемии COVID-19 более частыми стали отказы во въезде и выдворение лиц, ищущих убежища, и лиц, имеющих право на пересечение границы. Именно COVID-19 и связанные с ним ограничения на передвижение послужили тому, что и на южном маршруте мигранты вынуждены прибегать к услугам контрабандистов, чтобы попасть в Гану и Кот-д'Ивуар нелегальным образом.

ПОЛИТИКА ЗАПАДНЫХ СТРАН И МЕЖДУНАРОДНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АФРИКЕ

Общеизвестно, что приток населения из-за ружбежа нередко становится источником серьёзных проблем для принимающих стран, власти которых вынуждены перестраивать свою политику, выделяя необходимое финансирование на обустройство прибывающих. Кроме того, возникают непредвиденные вызовы и риски, связанные с безопасностью гражданского населения стран-реципиентов. Довольно часто власти, не имея возможности разместить беженцев на своей территории и снабдить их минимальным необходимым довольствием, видят выход из создавшегося положения в высылке мигрантов на родину или в третью страну. Характерно, что представители этнических меньшинств высылаются в первую очередь и особенно часто². Высылка беженцев по этническому признаку производилась из ЮАР, Нигерии, Замбии, Заира (теперь ДР Конго), Бенина, Экваториальной Гвинеи и других африканских стран [24, с. 20]. По мнению сенегальского исследователя Нзога Робера, «на протяжении уже длительного времени меры по предотвращению потоков беженцев имеют дискриминационный характер, что затрудняет их доступ в страны, где они могли бы обрести кров и поддержку» [25].

По данным на апрель 2022 г., УВКБ ООН получило лишь 9% необходимого финансирования (343.3 млн долл.) для операций в Уганде, где находится больше беженцев, чем в любой другой стране Африки. В ДР Конго гуманитарные потребности более 5.6 млн внутренне перемещённых лиц остаются в значительной степени неудовлетворёнными из-за отсутствия финансирования: операции УВКБ ООН финансируются только на 8% из требуемых 225.4 млн долл. [14].

Что касается властей африканских стран, откуда устремляются потоки беженцев, то они испытывают существенные трудности при выработке консолидированных решений. Дело в том, что исторически народы субсахарской Африки замыкались на собственных социально-культурных ценностях без опоры на солидарность с другими странами и народами региона. Иллюстрирую-

² Этнические меньшинства — малочисленные народы, которые иногда составляют 1% от всего населения страны.

шим примером длительных проволочек может служить ратификация договора о сотрудничестве в рамках СЕМАС (Торгово-экономический союз стран Центральной Африки); эта организация была создана в 2000 г., но соответствующий договор ратифицирован лишь в 2017 г. [26].

Для Люка Камбрези, учёного-географа из Марсельского исследовательского института по развитию, урегулировать ситуацию возможно совместными усилиями африканских стран при поддержке таких специализированных международных организаций, как УВКБ ООН [13]. Доктор юридических наук из Лиможского университета (Франция) Ж.-Ж. Пумо Лембе видит решение проблемы в изменении существующих международных документов по правам беженцев [27].

Отягчающим фактором, влияющим на общее положение в Сахеле, в частности, на ситуацию с миграцией, следует считать эгоистичную политику ЕС и особенно Франции в регионе. Наряду с ужесточением миграционных правил с 2015 г. Запад делает всё для новой милитаризации Сахеля. Страны региона, которые являются бывшими французскими колониями, столкнулись с восставлением власти Франции. После инициированной бывшей метрополией войны НАТО против Ливии в 2011 г. и вызванной ею дестабилизации Франция осуществила военное вмешательство в Мали в рамках операции “Бархан”, а затем – вместе с вооружёнными силами США – в рамках Сахельской платформы G5. Главный аргумент в пользу французского и американского вмешательства в Сахеле – борьба с терроризмом. Возвращение французских военных в Центральную Африку привело к формированию повестки дня, которая, по-видимому, больше направлена на удовлетворение потребностей Европы, чем Сахеля. Осуществляется это в том числе через такой институт, как платформа G5. Сахельская группа G5 была создана в г. Нуакшоте, в Мавритании, в 2014 г. и объединила правительства Буркина-Фасо, Чада, Мали, Мавритании и Нигера для сотрудничества в связи с ухудшением ситуации в области безопасности в Сахельском поясе. Формирование G5 поощрялось французским правительством, в начале 2017 г. под давлением Франции страны G5 создали Объединённые силы G5 (FC-G5S), военный альянс для борьбы с угрозами безопасности. Объединённые силы G5 в Сахеле получили поддержку Совета Безопасности ООН для проведения военных операций в регионе. Однако вскоре правительства стран Сахеля убедились в том, что главной целью для Франции является не борьба с терроризмом, а проблема миграции. Вместо того чтобы позволить мигрантам добраться до ливийского побережья и попытаться пересечь Средиземное море, ЕС создал периметр в Сахеле с целью ограничить движение мигрантов за его пределы. Под нажимом Фран-

ции и США страны G5 вынуждены тратить от 17 до 30% своих небольших бюджетов на вооружённые силы. По данным Стокгольмского международного института исследований проблем мира, три из пяти стран Сахеля за последнее десятилетие астрономически увеличили свои военные расходы: Буркина-Фасо на 238%, Мали на 339% и Нигер на 288% [28].

Такие траты на вооружение при отсутствии прогресса в развитии экономики подрывают любые попытки стран Сахеля вырваться из замкнутого круга нищеты и насилия. Отсутствие поддержки в решении реальных проблем в регионе привело к военным переворотам в трёх из пяти стран: Буркина-Фасо, Чаде и Мали. Когда на седьмом саммите G5 в феврале 2021 г. главы государств призвали к “глубокой реструктуризации долга стран G5”, ответ МВФ был отрицательным [29]. Частью бюджетной проблемы являются требования, предъявляемые к этим государствам. Например, Франция продолжает требовать опережающего увеличения их военных расходов по сравнению с затратами на гуманитарную сферу и развитие. Политика Запада вызывает глубокое разочарование правительства стран Сахеля. Вследствие этого 15 мая 2022 г. правительство Мали объявило, что оно намерено выйти из G5. В его заявлении прозвучали обвинения в адрес “внерегионального государства” (то есть Франции) в том, что она использует G5 в собственных интересах. А за некоторое время до этого военные власти Мали потребовали от французских военных покинуть территорию страны [30]. Признаки беспокорства относительно политики Франции распространяются по всему региону. Примеру Мали могут последовать и другие участники группы G5, что будет означать крах французского проекта в Сахеле, а значит, и попыток ограничить миграцию людей с глобального Юга в Европу.

Таким образом, основными причинами массового перемещения населения в Африке являются вооружённые конфликты, вызванные слабостью государств, этническим сепаратизмом и бедностью. В таких условиях деятельность радикальных джихадистских группировок, позиционирующих себя как альтернативу безвластию, вылилась в беспрецедентное насилие. Значимым фактором роста миграционных потоков является, кроме того, продовольственный кризис – вследствие конфликтов за ресурсы и изменения климата. С увеличением числа мигрантов, вынужденных покидать родные места, возрастают риски их личной безопасности. Мигранты подвергаются вымогательствам, кражам, произвольным задержаниям, трудовой эксплуатации, сексуальному насилию.

Регион Сахеля стал для Африки ключевым коридором и отправным пунктом для тех, кто пытается добраться до Европы. Из-за ограниченных легальных путей большая часть миграции в Европу остаётся нелегальной и проходит по двум опасным маршрутам: центральный маршрут через Сахару из Нигера в Ливию и далее в Южную Европу и западный — вдоль побережья Северной Африки, целью которого является Испания. Маршрут миграции на север проходит через Нигер, который был определён ЕС в качестве своего рода шлагбаума для африканских мигрантов на пути в Европу. Эта нищая, слабая страна по настоянию Европы принимает всё более репрессивные меры для сдерживания миграции и закрытия миграционных центров в северных районах страны. Но стратегия ЕС по обузданию перемещения людских потоков из Сахеля путём экстернализации оборачивается провалом. Эта политика, осуществлявшаяся за счёт населения Африки в исключительных интересах ЕС, является недальновидной и бесперспективной. Её негативные экономические последствия мешают развитию стран Центральной Африки и Сахеля, ставят под угрозу жизнь людей и региональную стабильность.

Решить проблему миграций или хотя бы снизить её интенсивность, как представляется, можно, помогая странам региона развиваться политически и экономически, направляя ресурсы в экономику, а не на вооружения. Важная роль в обеспечении безопасности границ и гражданского населения принадлежит силовым структурам самих африканских государств при опоре на международную помощь. В ближайшей перспективе миграции на континенте и в направлении Европы, по-видимому, будут продолжаться, а при сохранении современной нестабильной военно-политической и экономической ситуации усиливаться.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 22-18-00123 (<https://rscf.ru/project/22-18-00123/>).

ЛИТЕРАТУРА

1. УВКБ ООН: глобальное перемещение бьёт очередной рекорд, завершая десятилетнюю тенденцию к росту. 16 июня 2022. <https://www.unhcr.org/ru/29241-global-trends-2021.html>
2. UNHCR. Tendances mondiales déplacement forcé en 2021. <https://www.unhcr.org/fr/62aae6e24>
3. Защита гражданских лиц в вооружённом конфликте. Доклад Генерального секретаря Организации Объединённых Наций S/2022/381. 10 May 2022. <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N22/321/75/PDF/N2232175.pdf?OpenElement>
4. Конфликты, насилие и изменение климата привели к увеличению числа перемещённых лиц в 2021 году. 15 ноября 2021. https://www.unhcr.org/ru/27437-mid-year_trends.html
5. Operational portal refugee situations: Burkina Faso // United Nations High Commissioner for Refugees. 10 November 2020.
6. Сепаратизм в Африке южнее Сахары // Коллективная монография. М.: Институт Африки РАН, 2021.
7. Центральнаяафриканская Республика. Доклад Генерального секретаря Организации Объединённых Наций S/2022/119. 16 February 2022. <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N22/251/74/PDF/N2225174.pdf?OpenElement>
8. Global Center for the Responsibility to Protect 2021: 5 (ed.) (2021): R2P Monitor (56). https://www.globalr2p.org/wp-content/uploads/2021/03/R2P_Monitor_March2021_Final.pdf
9. *Thurston A.* Jihadists of North Africa and the Sahel. The Mali–Niger–Burkina Faso Borderlands. Cambridge: Cambridge University Press, 2020.
10. Sidelining the Islamic State in Niger’s Tillabery // International Crisis Group 3. June 2020. <https://www.crisisgroup.org/africa/sahel/niger/289-sidelining-islamic-state-nigers-tillabery>
11. *Potter G.D.* The renewed jihadi terror threat to Mauritania // CTC Sentinel. 2018, August. P. 16–20.
12. *Mahanty D.* Niger: A Bulwark against Further Instability in West Africa // Center for Strategic & International Studies. July 24, 2019. <https://www.csis.org/analysis/niger-bulwark-against-further-instability-west-africa>
13. *Lazarides N.* Burkina Faso: Jihadists’ Ethnic Strategy and the Koglweogo Problem // Terrorism Monitor. 2019. V. 17 № 23. <https://www.ecoi.net/en/document/2022009.html>
14. Вооружённые столкновения в ДР Конго вынудили тысячи людей бежать в Уганду в поисках безопасности. Апрель 2022. <https://www.unhcr.org/ru/28611-drc-refugees-in-uganda.html>
15. *Braeckman C.* L’Homme qui répare les femmes. Violences sexuelles au Congo. Bruxelles: Ed. GRIP, 2012.
16. *Ousmane Diagana.* The World Bank can only accomplish its mission of ending extreme poverty in Africa by prioritizing the Sahel region // The World Bank. <https://www.worldbank.org/en/news/opinion/>
17. *Yayboke E., Aboneaaj R.* Peril in the Desert: Irregular Migration through the Sahel // Center for Strategic and International Studies. <https://www.csis.org/>
18. *Villalón L.A.* The Oxford Handbook of the African Sahel. Oxford Handbooks, 2021.
19. *Reynaud de Sousa B.* Migration, the Sahel and the Mediterranean basin: which scenario for the EU27 by 2025? // JusGov Research Paper. April 5, 2022. № 01. <https://ssrn.com/abstract=4075886> or <https://doi.org/10.2139/ssrn.4075886>
20. *Deridder M., Pelckmans L., Ward E.* Reversing the gaze: West Africa in the tension between migration, development and security in the EU // Anthropologie & développement. № 51. 2020. P. 9–32.

21. *Захаров И.А., Дмитриев Р.В.* Проблема регулирования миграционной системы “Европа–Африка–Ближний Восток” в условиях региональных конфликтов // Международный демографический форум “Демография и глобальные вызовы”. Воронеж, 2021. С. 641–646.
22. *Pantserev K.A., Sidorova G.M., Zherlitsina N.A.* African Countries in the Epoch of Information Globalization: New Challenges in the New Age // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета. 2019. Т. 11. Вып. 4. С. 590–605.
23. The impact of the Sahel conflict on cross-border movements from Burkina Faso and Mali towards Côte d’Ivoire and Ghana // MMC Research Report. May 2021.
24. *Гусаров В.И.* Статус беженцев и их отличие от мигрантов и перемещенных лиц // Беженцы в Африке. М.: Институт Африки РАН, 2004. С. 8–17.
25. *Nsoga Robert Ebenezer:* Le droit d’asile au prisme des crises migratoires contemporaines: Calculs politiques, ambiguïtés dans l’opérationnalisation de la protection internationale. Le droit d’asile en déclin? Paris: Ed. Univ Européenne, 2018.
26. La Conférence des Chefs d’Etat. 25 Juin 2015. https://www.cemac.int/sites/default/files/inline-files/Actes_suppression_Visa_CEMAC.pdf
27. *Leumbe Jean-Jacques Parfait Poumo.* A la recherche du statut juridique des déplacés environnementaux: En Droit International. Université de Limoges: Presses Académiques Francophones, 2016.
28. Pursuing elusive stability in the Sahel // Stockholm international peace research institute. <https://www.sipri.org/commentary/topical-background/2019/pursuing-elusive-stability-sahel>
29. Ignoring Sahel Region Will Have “Disastrous Implications” for West Africa // Peace Operations Chief Warns Security Council. Meetings Coverage and Press Releases. 16 November 2020. <https://press.un.org/en/2020/sc14358.doc.htm>
30. *O’CONNOR T.* France’s Military Presence in Africa Faces Reality Check As Mali Cuts Ties // Newsweek. 5.4.2022. <https://www.newsweek.com/frances-military-presence-africa-faces-reality-check-mali-cuts-ties-1703258>

ПРОГРАММИРОВАНИЕ БЛИЖАЙШЕГО БУДУЩЕГО: КОНЦЕПЦИЯ И ПРАГМАТИКА

© 2023 г. В. П. Ильин^{a,b,*}

^aИнститут вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск, Россия

^bНовосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

*E-mail: ilin@sscc.ru

Поступила в редакцию 07.07.2022 г.

После доработки 19.09.2022 г.

Принята к публикации 31.10.2022 г.

В статье рассматриваются концепция, архитектура и научно-организационные проблемы создания интегрированного программного обеспечения нового поколения, предназначенного для предсказательного моделирования в машиностроении, энергетике, материаловедении, биологии, медицине, экономике, природопользовании, экологии, социологии и др. Математические постановки включают в себя междисциплинарные прямые и обратные экстремально ресурсоёмкие задачи, решение которых осуществляется с помощью вычислительных методов и технологий масштабируемого распараллеливания путём гибридного программирования на гетерогенных суперкомпьютерах с распределённой и иерархической общей памятью. Концепция проекта содержит разработку инструментального вычислительного окружения, поддерживающего все стадии крупномасштабного машинного эксперимента: геометрическое и функциональное моделирование, генерацию адаптивных неструктурированных сеток различных типов и порядков, аппроксимацию исходных уравнений, решение возникающих алгебраических проблем, постпроцессинг получаемых результатов, оптимизационные методы для обратных задач, машинное обучение и принятие решений по итогам расчётов. Эффективная функциональность инструментального вычислительного окружения базируется на высокопроизводительных вычислениях и интеллектуализированных средствах работы с большими данными. Архитектура инструментального вычислительного окружения предусматривает автоматизированное расширение состава реализуемых моделей и применяемых алгоритмов, адаптацию к эволюции суперкомпьютерных платформ, дружественные интерфейсы и активное переиспользование внешних программных продуктов, согласованное участие различных групп разработчиков, что в совокупности должно обеспечить длительный жизненный цикл и востребованность создаваемой экосистемы широким кругом пользователей из различных профессиональных областей.

Ключевые слова: предсказательное математическое моделирование, интегрированное вычислительное окружение, инструментальное программное обеспечение, высокопроизводительные методы и технологии, искусственный интеллект.

DOI: 10.31857/S086958732302007X, EDN: FCSFWU

*Алгоритмы + структуры данных = программы
Н. Вирт, 1976*



ИЛЬИН Валерий Павлович – доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории вычислительной физики ИВМиМГ СО РАН.

Основы программирования были заложены работами леди А. Лавлейс, дочери знаменитого английского поэта Д. Байрона, соратницы изобретателя первой аналитической вычислительной машины, прообраза современной ЭВМ, Ч. Бэббиджа [1]. В силу существовавших в первой половине XIX в. технологических ограничений Бэббиджу не удалось довести свою конструкцию до работоспособного состояния, но благодаря публикациям Лавлейс, содержащим описание не только самой механической вычислительной ма-

шины, но и принципы программирования её работы, даже с возможностями распараллеливания некоторых операций, научный мир узнал об изобретении, значительно опередившем свой век.

История программирования тесно связана с совершенствованием компьютеров, обусловленным необходимостью решения больших задач, в первую очередь национальной безопасности. Во второй половине XX в. появились электронные вычислительные машины (ЭВМ). Их поколения — на лампах, на транзисторах, на интегральных схемах, на больших и сверхбольших интегральных схемах — сменялись быстро, и каждая такая смена сопровождалась увеличением скорости выполнения арифметических и логических операций, а также примерно пропорциональным увеличением объёмов памяти. Все последние десятилетия продолжался экспоненциальный рост компьютерных мощностей (по закону Мура — в 1000 раз за 11 лет!). Одновременно с материальной основой бурно развивался “софт”, их стоимости стали сопоставимыми. Программное обеспечение разделилось на системное (трансляторы и компиляторы с разных языков программирования, операционные системы и всевозможный инструментарий, отвечающий за общую работоспособность компьютера) и прикладное (алгоритмические процедуры и модули, библиотеки и пакеты программ), или проблемно-ориентированное, направленное на решение насущных запросов пользователей. Введённые академиком А.П. Ершовым понятия “компьютерная грамотность”, “школьная информатика” косвенно свидетельствовали о том, что программирование обретает черты массовой профессии. (Содержательный исторический анализ становления и развития перечисленных направлений, неразрывно связанных с прикладной и вычислительной математикой, представлен в работах [2, 3].) Во второй половине XX в. формировалось и математическое моделирование в методологических рамках пакетов прикладных программ [4–7]. Кроме того, большой вес приобрела производственно-индустриальная линия программного обеспечения — системы автоматизированного проектирования (САПР), составляющие быстро растущий рынок разнообразных продуктов (CAD, CAM, CAE, PLM), призванных значительно повысить производительность труда в своих областях [8]. Следует отметить, что в таких комплексах, изначально ориентированных на простые инженерные расчёты, всё активнее используется наукоёмкое программирование с математическим моделированием.

Развитие программирования не всегда шло гладко. Можно отметить такой большой проект, как язык и система программирования “Альфа” [9], которые активно разрабатывались и внедря-

лись в СО АН СССР в 1960–1970-е годы. Хотя для этого русскоязычного варианта Алгола был создан первый в мире оптимизирующий транслятор, проект не смог выжить в мировом окружении разработок на английском языке, де-факто ставшего играть роль эсперанто в программировании.

Ещё одна драматичная история в программировании, на этот раз уже конца XX в., связана с масштабным международным проектом HPF (High Performance Fortran) [10]. Его разработчики не смогли преодолеть внутренние концептуальные противоречия, и проект был закрыт. Поразительно, что проблема создания полноценной программной системы параллельного программирования, несмотря на её актуальность, до сих пор остаётся открытой, а существующий инструментарий представляет собой только паллиативные решения параллельной виртуальной машины (например, проект DVM [11]).

Начало XXI столетия ознаменовалось повсеместным распространением персональных компьютеров и Интернета, качественно изменивших образ жизни и формы деятельности человека. А появление многопроцессорных вычислительных систем с облачными вычислениями и быстрыми сетями передачи больших данных приводит к глобализации моделирования, открывая новый путь получения фундаментальных и прикладных знаний. Как отмечал Дж. Донгарра с коллегами в дорожной карте международного проекта IESP (International Exascale Software Project [12]), мировые тенденции суперкомпьютеризации ставят перед вычислительным сообществом проблему создания в кратчайшие сроки программного обеспечения огромных масштабов. Решение этих задач требует новых концепций и возможно только при широчайшей кооперации. Необходимо отметить и тот факт, что производительность труда программистов в целом катастрофически отстаёт от темпов совершенствования самих компьютеров, и в этом смысле можно говорить о безотлагательности преодоления наблюдающегося мирового кризиса программирования. Здесь главным средством должны стать интеллектуализация и индустриализация технологий наукоёмкого программирования, которые способны качественно поднять уровень автоматизации построения моделей, алгоритмов и их отображения в архитектуре ЭВМ.

Не менее важная проблема — повышение производительности математического и программного обеспечения многопроцессорных вычислительных систем путём масштабируемого распараллеливания (в сильном и слабом смыслах), достижимого за счёт активного внедрения гибридного программирования на гетерогенных кластерных платформах с распределённой и иерархической общей памятью, с возможностью

ми передачи сообщений между вычислительными узлами, многопоточных вычислений на многоядерных процессорах, векторизации операций и эффективного применения графических ускорителей (см. аналитические обзоры в статьях [13, 14]). Один из главных путей оптимизации кода заключается в минимизации информационных обменов между вычислительными устройствами, поскольку передача данных не только замедляет расчёты, но и значительно повышает эксплуатационные расходы, поскольку такие операции наиболее энергозатратны.

Важнейшая, ещё не до конца осознанная миссия современных вычислительных ресурсов — предсказательное моделирование процессов и явлений, которое призвано оптимизировать маршруты человеческой деятельности. Примером достижений в этой области может служить краткосрочный (до нескольких дней) прогноз погоды. Впрочем, современные возможности предсказательного моделирования ограничены, о чём свидетельствуют ошибки учёных в прогнозе волн пандемии коронавируса. Возникает вопрос: каким должно стать программирование, точнее говоря, математическое и программное обеспечение, адекватное стоящим перед нами вызовам, в предстоящие 5, 10, 15 лет?

СИСТЕМНЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Одновременно с экстенсивным развитием мирового компьютерного парка растёт и армия программистов, которые производят огромное количество продуктов, представляющих в совокупности бесценный интеллектуальный потенциал. Какие-то из программ в течение длительного времени имеют своего массового пользователя, а многие отмирают, в том числе из-за смены компьютерных поколений. Эволюция этой большой системы достаточно динамична, поскольку научно-технический прогресс инициирует появление новых практических сверхзадач, а активное развитие теоретической, прикладной и вычислительной математики порождает новые модели, методические подходы, алгоритмы и технологии, в результате чего производство математического программного обеспечения (МПО) приобретает неконтролируемые масштабы. Чтобы в этом хаосе разработок как-то разобраться, необходимо провести систематизирующую классификацию, которая может быть осуществлена по различным системам координат:

- общие направления человеческой деятельности: промышленность и сельское хозяйство, здравоохранение и образование, экология, экономика и финансы, социальные и гуманитарные сферы;

- производственные отрасли: энергетика, машиностроение, материаловедение, природопользование, транспорт, строительство, химические и биологические технологии и т.д.;

- физико-математические направления: электромагнетизм, гидро-газодинамика, упруго-пластичность, тепломассоперенос и фильтрация с фазовыми переходами, кинетические процессы, междисциплинарные прямые и обратные задачи;

- применяемые модели и методики: системы дифференциальных и/или интегральных уравнений, классические и обобщённые постановки, статистическое моделирование и алгоритмы Монте-Карло, дискретные задачи;

- реализуемые алгоритмы и технологии: методы построения сеток, аппроксимации функций, а также дифференциальных и интегральных уравнений, графовые преобразования, вычислительная алгебра, методы оптимизации и решения обратных задач, численное интегрирование динамических систем, распараллеливание алгоритмов;

- целевые компьютерные платформы: персональные компьютеры, серверы, кластеры, графические ускорители, облачные вычисления, мобильные устройства, гетерогенные архитектуры, реконфигурируемые программируемые логические интегральные схемы.

Такая многомерная “манхэттенская” структура свидетельствует об огромном многообразии и суммарном объёме МПО, что обуславливает необходимость тщательной систематизации и планирования разработок для достижения максимальной эффективности их широкого и длительного применения разнопрофильными пользователями.

Для спецификации прикладных программ важны такие категории, как малые, средние и большие задачи. С одной стороны, они характеризуются объёмом реализующего их кода. Условно к малым задачам можно отнести программы длиной в несколько сот строк текста на алгоритмическом языке, к средним — длиной в несколько тысяч, а к большим — длиной в десятки тысяч строк. С организационной точки зрения здесь важно, реализуется ли задача одним программистом, несколькими исполнителями или большим коллективом. Понятно, что с увеличением и усложнением программы достаточно быстро (и нелинейно) растёт трудоёмкость её разработки (кодирование, отладка, верификация, валидация, тестирование, сравнительный анализ качества, оптимизация).

Другой стороной медали для оценки сложности и увеличения задачи является время её счёта на ЭВМ. Обычно малыми считаются задачи со временем решения порядка минуты, средними — со временем в десятки минут, а к большим относятся задачи, решаемые часами, десятками часов,

сутками и более. Любопытно, что здесь многие десятилетия остаётся справедливым инвариант Н.Н. Яненко: такое деление задач на категории не зависит от производительности рассматриваемого поколения компьютеров, поскольку здесь главным оказывается человеческий фактор, связанный с объективной сложностью организации крупномасштабного вычислительного эксперимента.

Объяснить этот феномен можно аналогией с проблемой “щита и меча” в историческом развитии оборонительных и наступательных средств военных технологий. В нашем случае это означает, что очередной скачок скорости машинных вычислений всегда вызывает новые потребности в повышении точности (и ресурсоёмкости) расчётов.

Ещё один важный фактор уровня сложности программы – объём обрабатываемых или усваиваемых данных, необходимых для проведения расчётов. В специальных случаях используемый компьютер может быть связан с целой системой сбора и обработки результатов натуральных измерений: спутниковые данные, сейсморазведка, прогноз погоды и климата и т.д.

Важно отметить и другую особенность МПО как готового продукта. По своей сути технологии компьютерного моделирования призваны повышать производительность труда при проектировании или при эксплуатации каких-то установок или процессов. Это означает, в частности, что “софт”, говоря языком экономики, относится к производством средств производства, то есть к наиболее самоокупаемым индустриальным сферам. Более того, в программном продукте изначально заложена сверхприбыль, так как его многократное копирование происходит практически бесплатно (в то время как, например, в стоимость гвоздя входит цена не только его штамповки, но и металла).

В силу большой практической значимости, МПО должно иметь и высокую стоимость. Обычно его рыночная цена намного превышает затраты на непосредственную разработку, и сегодня не менее половины стоимости суперкомпьютера – это программное обеспечение, которое условно можно разбить на две составляющие. Первая – коммерческий “софт”, мировые продажи которого исчисляются миллиардами долларов (не зря долгое время самым богатым человеком на планете был разработчик операционной системы Билл Гейтс), а вторая – свободно распространяемый. Существует даже теория, что сам “софт” должен быть бесплатным, а необходимые доходы его разработчика или владельца – складываться из услуг по эксплуатации.

Очевидно, что определённая часть программного обеспечения ориентируется на задачи оборо-

ны страны. Проблемы национальной безопасности – святая святых, рыночные подходы отходят здесь на второй план, но сама востребованность качественного МПО только возрастает.

Другой круг обязательных вопросов заключается в массовой подготовке квалифицированных кадров по разработке и использованию программного обеспечения. За рубежом уже давно обсуждаются и внедряются новые образовательные концепции STEM: Science, Technology, Engineering, Mathematics (имеются в виду различные науки и технологии, внедрение и обязательная математика, то есть фактически моделирование).

И наконец, следует сказать, что решение перечисленных задач государственного значения невозможно методами рынка, который “всё самоорганизует”. Нужна обязательная инфраструктура в форме больших пользовательских ассоциаций, фондов или профессиональных сообществ типа SIAM (процветающее общество по индустриальной и прикладной математике, имеющее свои журналы, проводящее конференции, выпускающее книги). Но начало подобной организационной работы, особенно в случае дефицита ресурсов, невозможно без серьёзной государственной поддержки [15]. Нынешний исторический момент в развитии прикладного программного обеспечения можно сравнить с переходом от ремесленного способа производства товаров к индустриальному, который в своё время обусловил качественный рост производительности труда и внутреннего валового продукта.

ПРОГРАММНЫЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СТАДИЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ

По мере количественного и качественного развития математического и прикладного программного обеспечения, составляющего инструмент глобализации моделирования, новые методологии непрерывно систематизировались, обобщались и в итоге кристаллизовались в самостоятельную научную дисциплину, уверенно выдвигающуюся на ведущие позиции. Во второй половине XX в. значительную роль в этом процессе сыграли научные школы академиков Г.И. Марчука, А.А. Самарского и Н.Н. Яненко, заложивших концептуальные основы и технологии пакетов прикладных программ, модульных подходов и принципов организации крупномасштабных вычислительных экспериментов. Зачастую новые понятия рождались в жарких философских спорах, например, “является ли программный модуль объективной реальностью?” [16]. Компьютерное сообщество стало производить огромное количество библиотек, инструментария и создаваемых крупными корпорациями пакетов прикладных программ, включая “монстров” матема-

тического моделирования типа NASTRAN, ANSYS, Fenics, NGSolve и многих других, по которым сформировались свои пользовательские ассоциации. Отдельный рынок составляют системы автоматизированного проектирования типа CAD, CAE, CAM, PLM — незаменимые инструменты промышленного прогресса, претерпевающие сейчас конвергенцию с моделирующими технологиями.

Изначально пакеты прикладных программ создавались как проблемно-ориентированные комплексы для конкретных приложений с фиксированными структурами данных и архитектурой, но затем их функциональность искусственно расширялась, что неизбежно приводило к болезням роста технологического развития. Например, успешный коммерческий ANSYS просто скупал своих конкурентов и втискивал их разработки в свои.

Разобраться в структуре прикладного МПО помогает хорошо известная технологическая цепочка Н.Н. Яненко и А.Н. Коновалова, описывающая основные стадии наукоёмкого вычислительного эксперимента [4, 6], современное развитие которой представлено в статье [6], а также во введении к книге [17].

Формирование описания исходной модели решаемой задачи. Эта содержательная информация определяет дифференциальные и/или интегральные уравнения со всеми их коэффициентами, краевыми и начальными данными, а также геометрию расчётной области, которая в общем случае является многомерной, разномасштабной и имеет сложную топологию кусочно-гладкой границы. Здесь фигурируют резко отличающиеся по своим свойствам функциональные объекты, над которыми надо выполнять теоретико-множественные и другие операции, формулировать и решать содержательные оптимизационные проблемы. Значительную помощь здесь могут оказать САПР-разработки, но в целом этот круг вопросов требует создания специальной подсистемы (назовём её моделлер) для поддержки работы с математической постановкой, результатом которой в памяти компьютера должны быть геометрическая и функциональная структуры данных. С позиций программирования, на данной стадии нет проблемы больших данных, так как число объектов в непрерывной постановке — несколько десятков или сотен. Главная задача здесь — обеспечить пользователя наглядным и интеллектуальным входным интерфейсом [18]. Логическая и интеллектуальная сложность этого этапа может быть связана с использованием иерархии моделей для исследуемой задачи с целью возможного последовательного уточнения постановки и численных результатов для более глубокого изучения проблемы.

С одной стороны, суперкомпьютерные возможности накопления и обработки огромных объёмов данных породили в последние десятилетия различные направления Data Science, связанные со статистическим анализом или эмпирическими приёмами (метамоделирование, суррогатная оптимизация, нейронные сети и другие принципы, используемые в машинном обучении). Такие подходы, несомненно, имеют право на существование, но не являются предметом нашей статьи, тем более что это проблема методологии, но не программирования. С другой стороны, предусматриваемая “моделлером” возможность применения иерархии и избыточности различных постановок допускает комбинирование классических математических формулировок с приёмами метамоделирования.

Первый ресурсоёмкий алгоритмический этап решения задачи — превращение её непрерывной модели в дискретную, то есть построение расчётной сетки, от качества которой будет в значительной степени зависеть успех всего моделирования. Несмотря на кажущуюся простоту своих примитивов и операций над ними, сеточный трёхмерный конструктор, или генератор, — это в общем случае достаточно сложная программа, реализация которой требует немалых интеллектуальных усилий, усугубляемых зачастую большими объёмами данных, так как современные требования к точности заставляют доводить число узлов сетки до десятков и сотен миллиардов. Многообразие типов конечных элементов, или объёмов, а также их упорядоченностей открывает большие возможности для реализации сеток, адаптированных к особенностям задачи, но всё это ведёт к росту вычислительной сложности. Особенно трудоёмки динамически перестраивающиеся сетки, а также неструктурированные, в которых определение соседних объектов можно задать только их перечислением. В Интернете имеется достаточно большое число как дорогих, так и бесплатных сеточных генераторов (Netgen, GMesh и др.), однако проблема эта далеко не закрыта. Здесь большое поле деятельности как для эмпирики, так и для теоретических исследований в области вычислительной геометрии и топологии [17, 19].

Наиболее эффективные алгоритмы используют локальные сгущения, последовательности вложенных сеток, преобразования сеточных графов, а также декомпозиции расчётных областей с параметризованными пересечениями подобластей, в том числе формируемых распределённым образом в памяти различных процессоров. Перечисление перспективных технологий можно бы продолжить, но все они должны заканчиваться одним — формированием сеточной структуры данных, которая в совокупности с функциональной структурой данных на дискретном уровне полностью отображает постановку исходной за-

дачи. Основная проблема программирования конструкторов многомерных сеток — это, по-видимому, тщательное проектирование структур данных, от качества которых в значительной степени зависит экономичность решения задачи в целом.

Сеточная аппроксимация непрерывной модели.

На этой стадии сильно различаются случаи стационарной или нестационарной задачи и их дифференциального и/или интегрального представления (конечно, существенно влияет также линейность или нелинейность исходных уравнений). Естественно, ресурсоёмкость алгоритмов растёт при увеличении плотности матриц, а также при необходимости многократного перевычисления их элементов. Программирование аппроксимационных методов значительно упрощается для однородных схем, когда для всех конечных элементов или узлов расчётные формулы одинаковы. Однако этого почти не бывает в наиболее продвинутых методах, когда, например, используются асимптотические свойства решения в окрестностях сингулярных точек.

Для многих схем конечных объёмов, конечных элементов и разрывных алгоритмов Галёркина различных порядков точности, к счастью, имеются, универсальные и естественным образом распараллеливаемые поэлементные технологии с экономичным вычислением локальных матриц и сборкой глобальной матрицы для всей дискретной задачи. Это позволяет единообразным способом автоматизировать построение алгоритмов аппроксимации для широкого класса исходных алгоритмов и открывает методологическую основу для создания нового типа программного продукта — библиотеки аппроксиматоров на представительном семействе разных сеток. Результат этого расчётного этапа состоит в формировании алгебраической структуры данных [20].

Важно отметить общую современную тенденцию аппроксимационных методов, обусловленную необходимостью минимизации дорогих коммуникационных операций — переход от простых формул первого или второго порядка к схемам повышенной точности, что позволяет резко сократить размеры сеток, объёмы используемой памяти и информационных обменов. Однако для математика-программиста это сопряжено с психологическими и техническими неприятными процедурами вывода и реализации длинных арифметических выражений, исчисляемых десятками и более страниц. Здесь очень поможет искусственный интеллект в форме систем автоматизированных аналитических преобразований типа Maple. Более того, такие средства уже имеются в широко распространённом языке Python.

Решение задач вычислительной алгебры. Эта стадия наиболее актуальна с точки зрения произ-

водительности МПО, так как при решении всевозможных проблем моделирования около 80% машинного времени уходит на решение системы линейных алгебраических уравнений, поскольку объёмы необходимых арифметических итераций и памяти растут нелинейно с увеличением числа степеней свободы. Именно по этой причине данная область математики наиболее продвинута программистами (см. представительный обзор [21] по имеющимся в открытом доступе разработкам).

Системы линейных алгебраических уравнений очень разнообразны: вещественные и комплексные, плотные и разреженные, эрмитовые и неэрмитовые, вырожденные и невырожденные и т.д. Все эти свойства существенно влияют на вычислительную схему, структуру данных и технику программирования, особенно при распараллеливании алгоритмов. Важна роль и сжатых форматов хранения матриц, для которых существуют определённые стандарты и соответствующие переводчики между ними. В значительной степени здесь помогает относительная ограниченность типовых матричных и векторных операций, для которых имеются доступные стандартные реализации, например, высококачественные библиотеки BLAS, SPARSE BLAS, MKL INTEL и многие другие [22].

С ростом мощности суперкомпьютеров всё более востребованными становятся большие системы линейных алгебраических уравнений (с порядками 10^9 – 10^{11} и выше), для которых наиболее экономичны итерационные процессы. Среди последних лидерами становятся предобусловленные методы в подпространствах Крылова с различными ортогональными, проекционными и вариационными свойствами. Для их ускорения применяются многообразные алгоритмы приближенной факторизации матриц, асимптотически оптимальные по порядку многосеточные подходы, а также декомпозиции областей, наиболее приспособленные к масштабируемому распараллеливанию алгоритмов.

Исследование методов, судя по потоку публикаций, продолжается, ежегодно появляются новые усовершенствования для алгебраических решателей. По мере их реализации мы получаем библиотеки программ с избыточным функциональным наполнением, позволяющим выбирать наилучший алгоритм решения конкретной задачи, что, в свою очередь, требует новых аналитических и технологических подходов к развитию МПО.

Решение обратных задач. В определённом смысле это главная цель моделирования, заключающаяся в отыскании неизвестных параметров модели или в оптимизации какого-либо динамического процесса. Универсальный подход в данном случае состоит в формировании последовательности параметризованных прямых задач,

а также в определении на их решениях целевого функционала, который требуется минимизировать за счёт подбора параметров. Итерационные процедуры их последовательного вычисления с многомерным решением прямых задач и составляют методы оптимизации, они активно развиваются в последние десятилетия. Основные достижения здесь связаны с алгоритмами внутренних точек, последовательного квадратичного программирования, доверительных интервалов и статистических подходов [23]. При использовании наиболее эффективных методов минимизации требуется вычислять производные целевого функционала по параметрам, или функции чувствительности. При этом для их определения приходится формировать и решать новые дополнительные задачи, зачастую с плохими свойствами.

В данных приложениях, в первую очередь, различаются проблемы локальной и глобальной оптимизации, которые связаны с существованием одного или нескольких минимумов целевого функционала. Если прямые задачи достаточно ресурсоёмки, то и реализация методов оптимизации сложна и длительна, особенно при «овражном» характере целевого функционала. Его формирование – технология на грани искусства, требующая зачастую серьёзного вычислительного опыта решения задач из области конкретных приложений. В таких ситуациях хороший эффект достигается при организации человеко-машинного взаимодействия.

Постобработка, визуализация и анализ результатов. Пользователю МПО необходимо оценить качественные и количественные характеристики расчётных результатов в показателях, естественных для исследуемой предметной области. Для убедительности представим себе машинный эксперимент по моделированию критических термоупругих напряжений спускаемого космического аппарата, используя метод конечных элементов на пространственной сетке с миллиардом узлов. Пусть при этом рассчитывается миллион временных шагов, а результат каждого из них – коэффициенты разложения вычисляемых функций температуры, давления и напряжения по десяти базисным функциям (в каждом конечном элементе). Пользователю требуется наглядно изобразить динамическую цветную 3D-картину, позволяющую сразу оценить слабые места. Очевидно, что быстро получить такую виртуальную реальность – очень важная, но весьма ресурсоёмкая задача, для решения которой создаются сверхбыстрые графические вычислительные серверы типа NVIDIA. Здесь высокой производительности удаётся достичь за счёт относительно простой логики при выполнении большого объёма арифметических действий. Это обстоятельство также благоприятствует автоматизации

построения операций на данном технологическом этапе (например, путём создания специализированного языка программирования). В последние десятилетия для этих целей разрабатывают специальные программно-аппаратные средства, обеспечивающие даже эффект присутствия. Наряду с такой формой интеллектуального пользовательского интерфейса важны и чисто программные решения, когда на основе анализа обработанных данных автоматизируется управление дальнейшим ходом вычислительного процесса.

Квинтэссенция машинного эксперимента – принятие решений по результатам исследования. На текущий момент опыт программирования в данной области искусственного интеллекта пока недостаточен, и мы ограничимся общим замечанием, что рассматриваемая здесь тематика – прерогатива математической логики, семантического моделирования, онтологических подходов и когнитивных технологий. Очевидно, что первых результатов для применения к математическому моделированию следует ожидать в частных решениях с игровыми подходами и ограниченными сценариями.

При использовании традиционного проблемно-ориентированного подхода программная реализация конкретной прикладной задачи предполагает последовательное прохождение всей выше рассмотренной технологической цепочки. Однако если рассматривать цель создания МПО в целом для разных классов приложений математического моделирования, то может оказаться более предпочтительным методо-ориентированный принцип, на котором мы остановимся в следующем разделе.

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ: ОТ ПАКЕТОВ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ К ИНТЕГРИРОВАННЫМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ ОКРУЖЕНИЯМ

Несколько десятилетий назад в мировой практике прикладного программирования начала складываться тенденция к переходу от разработок пакетов прикладных программ к интегрированным вычислительным окружениям. Примером может служить проект DUNE (Distributed Unified Numerical Environment [24]), инициированный немецкими университетами, но затем активно расширявшийся за счёт добровольных участников международного консорциума. Среди аналогичных открытых к участию проектов можно отметить Open FOAM [25], а также INMOST (Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука, руководитель работ член-корреспондент РАН Ю.В. Василевский [26]). В статье [27] изложена концепция интегрированного вычислительного окружения, функциональное наполнение которого реализовывалось в Институте вычислитель-

ной математики и математической геофизики СО РАН в рамках базовой системы моделирования.

Технологические спецификации интегрированных вычислительных окружений. Предлагаемая архитектура разработки программ основывается на том положении, что каждая из семи описанных в предыдущем разделе технологических стадий реализуется соответствующей автономной подсистемой, ориентированной на поддержку своего класса алгоритмов и взаимодействующей с остальными подсистемами посредством согласованных структур данных, в том числе перечисленных выше. Такие подсистемы могут создаваться независимыми группами математиков-программистов, специализирующихся на достаточно узких направлениях работ и достигающих за счёт этого высокой профессиональной квалификации. Развиваемые при этом вычислительные процедуры, модули или функции специфицируются по содержанию и форме входными/выходными интерфейсами и интегрируются в необходимый прикладной программный комплекс средствами сборочного, фрагментарного или модульного программирования, по аналогии с интеллектуальным конструктором LEGO. Цель такого подхода к организации работ – кардинальное повышение совокупной производительности труда разработчиков, которая должна оцениваться пользователями программного продукта по соотношению цены и качества или срока разработки и производительности полученного кода.

С точки зрения создания не конкретного пакета прикладных программ, а решения отраслевых проблем МПО, можно сформулировать следующие технические требования к интегрированному вычислительному окружению:

- гибкое расширение состава реализуемых моделей, применяемых алгоритмов и технологий;
- адаптация к эволюции компьютерных платформ, представляющих высокий интеллектуальный потенциал;
- унифицированные структуры данных и эффективное переиспользование внешних программных продуктов;
- интеллектуальные внутренние и пользовательские входные/выходные интерфейсы;
- согласованное участие различных групп разработчиков.

Соблюдение перечисленных условий обеспечивает длительный жизненный цикл проекта и его востребованность со стороны широкого круга разнопрофильных пользователей. Другими словами, прикладное программное обеспечение нового поколения должно представлять собой непрерывно развивающийся инструментальный комплекс для поддержки процесса безостановочного появления современных актуальных задач, математических моделей, вычислительных мето-

дов, информационных технологий, суперкомпьютеров и их массовых пользователей. Что касается эксплуатационных спецификаций МПО, то здесь в первую очередь следует назвать такие очевидные качества, как широта и адекватность заложённых моделей, оперативность получения результатов (например, счёт предпочтительней на минуты, а не на часы или сутки), а также удобство и надёжность использования. Важно подчеркнуть, что цель создания интегрированного вычислительного окружения заключается не только в повышении производительности труда отдельной группы разработчиков или пользователей МПО, но и в обеспечении интересов всего вычислительного сообщества, занимающегося математическим моделированием в рамках предлагаемой концепции проектных технологий.

Весьма серьёзный и содержательный вопрос качества программирования – обеспечение высокой производительности вычислений, то есть быстродействия ЭВМ при выполнении определённого класса алгоритмов для решения каких-то типов задач. Как уже видно из данной формулировки, само это понятие сложное и неоднозначное. Общепринятыми количественными критериями качества распараллеливания служат величины ускорения и эффективности использования процессоров:

$$S_p = T_1/T_p, \quad E_p = S_p/p,$$

где T_1 и T_p – время выполнения алгоритма (или решения задачи) на одном и на p вычислительных устройствах соответственно. При этом время работы компьютера складывается из временных затрат на арифметические операции и информационные обмены, которые качественно оцениваются формулами

$$T = T_a + T_c, \quad T_a = \tau_a N_a, \quad T_c = N_0(\tau_0 + \tau_c N_c).$$

Здесь $\tau_a \ll \tau_c \ll \tau_0$ – среднее время выполнения одного арифметического действия, передачи одного числа и задержки одной транзакции соответственно, а N_a , N_c , и N_0 – количество выполненных арифметических операций, пересланных чисел и обменов данными.

Хотя приведённые соотношения очень грубы, они позволяют давать некоторые рекомендации по программированию алгоритмов на всех описанных выше стадиях моделирования: надо стараться минимизировать как объём пересылаемой информации, так и число таких передач, для чего целесообразно буферизовать файлы обмена, а также по возможности совмещать во времени пересылку данных с арифметическими действиями. Эти аспекты важны ещё и потому, что коммуникации – наиболее энергозатратные операции, они серьёзно сказываются на стоимости эксплуатационных расходов суперкомпьютеров.

Отметим, что технологии программирования могут быть разными при стремлении к масштабируемому параллелизму в сильном или в слабом смысле. Первый означает сокращение времени счёта конкретной задачи пропорционально увеличению количества процессоров, второй — сохранение временных затрат при одновременном пропорциональном изменении трудоёмкости задачи и числа арифметических устройств. Также справедливо ради надо подчеркнуть, что мы говорим о производительности решения только одной задачи. Однако с точки зрения администратора вычислительного центра коллективного пользования оптимальные решения по распараллеливанию вычислений на потоке задач могут быть совсем другими.

Стратегии и тактики распараллеливания, конечно, определяются архитектурой суперкомпьютеров, которая, по-видимому, в ближайшее десятилетие не сильно отойдёт от нынешней гетерогенной структуры — соединённые шинами многопроцессорные узлы с центральными многоядерными устройствами CPU и специализированными ускорителями. Некоторые актуальные вопросы распараллеливания вычислений в рамках интегрированных вычислительных окружений представлены в статье [28]. Высокопроизводительные алгоритмы базируются на декомпозиции областей, в широком смысле этого слова, а их реализация осуществляется средствами гибридного программирования: межузловая передача сообщений на распределённой памяти, многопоточковые вычисления на иерархической общей памяти и векторизация операций (системы типа MPI, OpenMP и AVX соответственно). Эти инструменты выглядят сейчас достаточно архаично, и не случайно, что эффективность распараллеливания при их использовании зачастую достигает только 10–20%. В литературе имеется немало описаний языков параллельного программирования (например, SHARPEL), но они пока не доведены до уровня массового промышленного применения, и эта проблема остаётся одной из ключевых на ближайшее пятилетие. В этой связи можно упомянуть такие перспективные исследования, как реализация максимального распараллеливания с помощью построения Q-детерминанты, которая представлена в работе [29], и автоматизированный синтез параллельных программ в [30].

Концепция и структура базы знаний математического моделирования. Не затрагивая когнитивные и философские аспекты, под базой знаний некоторой математической области будем понимать совокупность информации (базу данных) и программных инструментов, содержащих опыт исследований и правила вывода. Говоря более конкретно, мы рассматриваем интеллектуализацию технологий моделирования как создание инфор-

мационно-вычислительного окружения, которое удовлетворяет определяющим свойствам базы знаний, включая все необходимые компоненты программной системы, обеспечивающей эффективное проведение и применение суперкомпьютерных экспериментов по изучению процессов и явлений. Подчеркнём, что цель формирования такого искусственного интеллекта — качественное повышение уровня человеко-машинного взаимодействия (но не замена *Homo sapiens* роботом!), о котором говорилось в пионерной работе А.П. Ершова и Г.И. Марчука [31]. Прототипом здесь можно считать возглавляемый Дж. Донгаррой и В.В. Воеводиным проект AlgoWiki [32] (в применении к параллельным алгоритмам и программам). Из профессиональных исследований на данную тему укажем также на работу [33] о роли онтологий и когнитивных технологий в проектировании.

В соответствии с представленным выше содержанием этапов жизненного цикла интегрированного вычислительного окружения определим базу знаний математического моделирования как структуру со следующими основными компонентами:

- конструктор моделей, включая описания геометрических и функциональных, или материальных, объектов, а также средств их редактирования и модифицирования, хранения типовых объектов, готовых (сформированных по правилам) методических или специальных примеров и практических задач;
- библиотеки алгоритмов (генераторы сеток, аппроксиматоров, алгебраических решателей, методов оптимизации и т.д.), в том числе как собственные разработки в рамках технологий проектных интегрированных вычислительных окружений, так и сторонние продукты;
- архивы расчётных заданий и результатов решения методических и практических задач со средствами их анализа и визуализации;
- пользовательская документация с демонстрационными и учебными версиями компонентов МПО;
- системы автоматизации, верификации и тестирования алгоритмов и программ;
- конфигуратор исполняемых программ из наборов вычислительных модулей, процедур и функций на основе технологий сборочного, модульного или фрагментарного программирования;
- систематизированные библиография, глоссарии и справочные материалы со ссылками на доступные в Интернете источники;
- система(ы) управления (статического и/или динамического) вычислительными процессами и сценариями;

- система принятия решений по результатам расчётов.

Одним из главных выводов, который должна уметь делать база знаний математического моделирования, — выбор наиболее предпочтительного алгоритма из доступного набора методов для решения конкретной задачи или подзадачи. Фактически принятие решения осуществляется, конечно, по заранее заложенным правилам, на основе сформулированных онтологий для изучаемых предметных областей. Определение же оптимального алгоритма чаще всего зависит от многих условий и само может представлять слишком сложную проблему. В более общем плане о базе знаний математического моделирования можно сказать, что это — актуальная форма для методологии глубокого машинного изучения как орудия познания (deep learning, machine learning — одни из самых распространённых понятий в работах по искусственному интеллекту [34, 35]).

Очевидно, чем больше требований к функциональности и интеллектуальности закладывается в процесс глубокого изучения объектов, тем сложнее требуется системное наполнение разрабатываемого МПО. Одна из ключевых проблем относится к языкам программирования, мода на которые меняется достаточно быстро. Если в XX в. велись острые дискуссии между сторонниками Алгола и Фортрана, продвинутых алгоритмических языков ADA и PL-I, то сейчас эти споры ушли в прошлое. Однако вопросы многоязыковости систем программирования имеют общий характер и остаются актуальными, ожидая своего эффективного решения в интегрированных вычислительных окружениях (то же самое относится и к многоплатформенности, то есть к возможности работы в различных многопользовательских операционных окружениях). Другие лингвистические аспекты связаны с интеллектуализацией, или “очеловечиванием”, языков естественного типа для математиков-программистов и многочисленных пользователей, далёких от информационных технологий, для которых общение с ЭВМ идеально как “программирование без программирования”. В книге [36] такая перспектива отождествляется с переходом от “палеоинформатики к неоинформатике” и образно связывается с созданием “фабрики языков”. Некоторый положительный опыт в данной области уже имеется, примером чему может служить система программирования для описания научных интерфейсов SIDL (Scientific Interface Definition Language) [37].

В больших прикладных разработках возникает серьёзная проблема автоматизации построения единой внутренней структуры, состоящей из многочисленных программных фрагментов. В этой области в течение многих лет развиваются

такие известные проекты, как DCOM (Distributed Component Object Management), CCA (Common Component Architectures), инструментальный комплекс CCAFFENE [38] для осуществления технологических операций в распределённой памяти, а также методология сервис-ориентированных архитектур SOA (Service Oriented Architecture), предполагающая кардинальное повышение производительности труда программистов-разработчиков и сокращение сроков трудоёмких процессов отладки программ, верификации и тестирования алгоритмов.

В последние годы огромную популярность набирает система веб-сервисов GitHub (а также её общедоступная версия GitLab) для многопользовательской поддержки всевозможных программных продуктов, де-факто сформировавшая международную социальную сеть армии разработчиков. В частности, она предполагает создание дерева репозитариев, как закрытых, так и открытых для сотрудничества и кооперативных проектов, в том числе в рамках облачных вычислений [39]. Этот успешный проект демонстрирует, в частности, бесконфликтное сосуществование коммерческих и бесплатных разработок, что свидетельствует о преувеличенной в некоторых публикациях фетишизации принципов открытых систем, которые, несомненно, имеют важное значение, но скорее для отношений собственности и маркетинга, а не для решения фундаментальных проблем и разработки технологий программирования.

* * *

Программирование как основа супервычислений и математического моделирования с нарастающим темпом 4-й индустриальной революции обретает всё больший вес в научно-технической и социально-гуманитарной сферах, играя жизненно-обеспечивающую роль кровеносной или нервной системы мирового сообщества. В этой связи интересно посмотреть на МПО с точки зрения важнейшей проблемы современности — устойчивого развития. Следует различать лицевую и оборотную стороны медали. Последняя связана с тем, что программы для суперкомпьютерного моделирования в целом — это обширнейшая экосистема, отличающаяся многообразием решаемых фундаментальных и прикладных задач с большим количеством вычислительных модулей, объёмом перерабатываемых данных и числом разнопрофильных пользователей. Как добиться успешного длительного существования такой структуры, эффективных инноваций в ней — об этом шла речь в предыдущих разделах статьи. Здесь же упомянем ещё одну важную проблему — она касается философии, теории и практики управления большими программными проектами. В книге “Мифиче-

ский человеко-месяц” [40] талантливый анализ фундаментальных и прагматических вопросов представлен Ф. Бруксом – одним из руководителей разработок операционной системы IBM. Позднее подробный обзор методологий своего времени был проведён в работе [41]. Из современных подходов к менеджменту программных продуктов популярностью пользуются гибкие принципы Agile для крупных и средних по своему размеру команд разработчиков.

Важно отметить, что проблема активных массовых разработок МПО в целом (академического, образовательного, коммерческого) вследствие своей масштабной наукоёмкой и возрастающей практической значимости требует творческой консолидации и серьёзной научно-организационной работы, некоторые аспекты которой рассмотрены в статье [15]. А поскольку затрагиваются общенациональные интересы, вопросы стратегического развития МПО нуждаются в государственном планировании, государственной поддержке.

Что касается прогностической миссии программирования, то наряду с другими областями научных знаний математическое моделирование должно помочь построить дорожную карту устойчивого развития цивилизации. В 2015 г. Генеральная Ассамблея ООН приняла Декларацию “Преобразование нашего мира. Повестка в области устойчивого развития на период до 2030 года”. Этот документ включает 17 целей. Очевидно, что глобальная по своим масштабам миссия выполняется только при активном вовлечении комплексных научных исследований в новые экономические, политические, социальные и гуманитарные сферы с использованием суперкомпьютерных вычислительно-информационных технологий. Формально планетарные процессы (межгосударственные конфликты, климатические риски, пандемии, природные и техногенные катастрофы, демографические проблемы и др.) могут быть описаны и изучены математически как некоторые динамические системы. Однако здесь мы зачастую вторгаемся в область менталитета, где предсказательное моделирование должно включать в себя такие субъективные категории, как пока ещё трудно прогнозируемый человеческий фактор. Генеральная линия развития видится на путях такой, казалось бы, абстрактной науки, как математическая логика, закладывающей основы семантического моделирования, систем принятия решений, более глубокого понимания коллективного разума *Homo sapiens*.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (код проекта FSUN-2020-0012).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильин В.П. Вычислительная информатика: открытие науки. Новосибирск: Наука, 1991.
2. Любимский Э.З., Поттосин И.В., Шура-Бура М.Р. От программируемых программ к системам программирования (российский опыт) // История информатики в России. Учёные и их школы, М.: Наука, 2003. С. 252–261.
3. Ильин В.П. Сибирская информатика: школы Г.И. Марчука, А.П. Ершова, Н.Н. Яненко // История информатики в России. Учёные и их школы. М. Наука, 2003. С. 340–363.
4. Ершов А.П., Ильин В.П. Пакеты программ – технология решения прикладных задач. Новосибирск: ВЦ СО АН СССР. Препринт № 121, 1978.
5. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. М.: Физматгиз, 2002.
6. Яненко Н.Н., Коновалов А.Н. Некоторые вопросы теории модульного анализа и параллельного программирования для задач математической физики и механики сплошной среды // Современные проблемы математической физики и вычислительной математики. М.: Наука, 1982. С. 200–217.
7. Яненко Н.Н., Рычков А.Д. Актуальные проблемы прикладной математики и математического моделирования. Новосибирск: Наука, 1982.
8. Cottrell J., Hughes T., Bazilevs Y. Isogeometric Analysis: Towards Integration of CAD and FEA. Wiley, Singapore, 2009.
9. Ершов А.П. Альфа-язык. Энциклопедия кибернетики / Ред. В.М. Глушков. Киев: Глав. ред. УСЭ, 1974. С. 111–113.
10. Benkner S., Lonsdale D., Zuma H.P. The HPF – Project: Supporting HPF for Advanced Industrial Application // Proceedings EuroPAR 99. V. 1685.
11. DVM Systems. <http://www.keldush.ru/dvm>
12. IESP/www.exascale.org/iesp
13. P'in V.P. Problems of Parallel Solution of Large Systems of Linear Algebraic Equations // J. Math. Sci. 2016. V. 216. № 6. P. 795–804.
14. Dongarra J., Grigori L., Higham N.J. Numerical Algorithms for High Performance Computational Science // Phil. Trans. R. Soc. 2020. A 378.
15. Ильин В.П. Как реорганизовать вычислительные науки и технологии // Вестник РАН. 2019. № 2. С. 232–242.
16. Ильин В.П. Математическое моделирование: философия науки // Сб. науч.-попул. статей “Математика, механика и информатика”, 2017. С. 8–16.
17. Ильин В.П. Математическое моделирование. Ч. 1. Непрерывные и дискретные модели. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2017.
18. P'in V.P. Artificial Intelligence Problems in Mathematical Modeling // Springer Nature Switzerland AG 2019 / V. Voevodin, S. Sobolev (eds.). RuSCDays 2019. CCIS 1129. P. 505–516.
19. P'in V.P. Integrated Computational Environment for Grid Generation Parallel Technologies // Springer Nature Switzerland AG 2020 / L. Sokolinsky, M. Zymbler (eds.). 2020. V. CCIS 1263. P. 58–68.

20. Бутюгин Д.С., Ильин В.П. SHEVYSHEV: принципы автоматизации построения алгоритмов в интегрированной среде для сеточных аппроксимаций начально-краевых задач // Труды Международной конференции ПАВТ'2014. Челябинск: изд-во ЮУрГУ, 2014. С. 42–50.
21. Dongarra J. List of freely available software for linear algebra on the web (2006). <http://netlib.org/utk/people/JackDongarra/la-sw.htm>
22. Il'in V.P. On an Integrated Computational Environment for Numerical Algebra // Springer Nature Switzerland AG 2019 / L. Sokolinsky, M. Zymbler (eds.). PCT 2019. V. CCIS 1063. P. 91–106.
23. Il'in V.P. The Integrated Computational Environment for Optimization of Complex Systems // Proceed. 2019 15th International Asian School-Seminar "Optimization Problems of Complex Systems (OPCS-2019)". P. 65–67.
24. Bastian P., Blatt M., Dedner A. et al. The Dune Framework: Basic Concepts and Recent Developments, Computers and Mathematics with Applications, 2020. DOI.org/10.1016/j.camwa.2020.06.007
25. OpenFOAM. <https://www.openfoam.com/>
26. INMOST: A Toolkit for Distributed Mathematical Modeling. <https://www.inmost.org>
27. Il'in V.P. The Conception, Requirements and Structure of the Integrated Computational Environment. В Supercomputing 4 th Russian Supercomputing Days, RuSCDays 2018. Revised Selected Papers. P. 653–665 (Communications in Computer and Information Science). V. 965. Springer-Verlag GmbH and Co. KG.
28. Il'in V. Parallel Intelligent Computing in Algebraic Problems // Sokolinsky L., Zymbler M. (eds). Parallel Computational Technologies. PCT 2021. Communications in Computer and Information Science. V. 1437. Springer, Cham.
29. Aleeva V. Designing Parallel Programs on the Base of the Conception of τ -Determinant // Supercomputing. RuSCDays 2018 (Communications in Computer and Information Science (CCIS)). 2019. V. 965. V. Voevodin, S. Sobolev (eds.). Springer, Cham. P. 565–577.
30. Akhmed-Zaki D., Lebedev D., Malyshkin V., Perepelkin V. Automated Construction of High Performance Distributed Programs in LuNA System // Parallel Computing Technologies. PaCT 2019 (Lecture Notes in Computer Science. V. 11657) // V. Malyshkin (ed.). Springer, Cham. P. 3–9. https://doi.org/10.1007/978-3-030-25636-4_1
31. Ershov A.P., Marchuk G.I. Man-machine Interaction in Solving a Certain Class of Differential Equations // Proceed. IFIP Congress. New York, 1965. P. 550–551.
32. Antonov A., Dongarra J., Voevodin V. AlgoWiki Project as an Extension of the Top500 Methodology // Supercomputing Frontiers and Innovations. 2018. V. 5. № 1. P. 4–10. <https://doi.org/10.14529/jsfi18010>
33. Borgest N.M. Key Terms the Ontology of Designing Review // Anal. Gen. Ontol. Des. 2013. V. 3. № 9. P. 9–31.
34. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning // Nature. 2015. V. 521. P. 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
35. Weinan E. Machine Learning and Computational Mathematics // Commun. Comput. Phys. 2020. V. 28. № 5. P. 1639–1670. <https://doi.org/10.4208/cicp.oa-2020-0185>
36. Kleppe A. Software Language Engineering: Creating Domain Specific Language Using Metamodels. N.Y.: Addison Wesley, 2008.
37. Kohn S., Kumpfert G., Painter J., Ribben C. Divorcing Language Dependencies from a Scientific software Library // <http://computation.llnl.gov/casc/components/docs/2001statpp.pdf>
38. Allan B., Armstrong R., Wolfe A. et al. The CCA Core specification in a Distributed Memory // SPMD Framework Concurrent Practice and Expedience. 2002. V. 14. P. 323–345.
39. Feoktistov A., Kostromin R., Sidorov I.A., Gorsky S.A. Development of distributed subject-oriented applications for cloud computing through the integration of conceptual and modular programming // Proceed. of the 41st International Conference on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics. IEEE, 2018. P. 256–261.
40. Брукс Ф. Мифический человеко-месяц, или Как создаются программные системы. М.: Символ-Плюс, 2010.
41. Скопин И.Н. Основы менеджмента программных проектов. Курс лекций. Учебное пособие. М.: ИНТУИТ. РУ, 2004.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСНЫХ И ТРАВЯНЫХ ЭКОСИСТЕМ

© 2023 г. Б. Д. Абатуров^{а,*}

^аИнститут проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия

*E-mail: abaturvbd@mail.ru

Поступила в редакцию 01.11.2022 г.

После доработки 23.11.2022 г.

Принята к публикации 01.12.2022 г.

Среди господствующих на суше природных формаций — лесных и травяных — основное внимание человечества в настоящее время привлечено к первым. Именно лесам умеренных и тропических зон отводится важная роль в регуляции биосферных, в том числе современных климатических процессов на Земле. При этом почти полностью игнорируется значение травяных систем, широко представленных степями и лугами. Признаётся многократное превосходство лесов над травяными экосистемами по продуктивности и запасам фитомассы. Сравнительный анализ накопленных в научной литературе оценок продукции (т/га · год) и запасов органического материала (т/га) в подземной и надземной частях травяных и лесных экосистем показал, что луга и степи не уступают лесам (часто даже превосходят их) как по массе накопленного органического вещества, так и по годовичному приросту фитомассы. Различия сводятся лишь к тому, что в лесных сообществах органическая продукция локализуется преимущественно в надземной части в виде мощной древесной (стволовой) массы, а в травяных — в равной или большей степени смещается в подземную в виде почвенного органического вещества. Листовая (фотосинтезирующая) масса травяных и лесных сообществ близка по величине, соответственно, схожи синтез органической продукции и углеродный обмен с атмосферой. Автор утверждает, что степные и луговые экосистемы не отстают от лесов по органической массе, по участию в биосферных процессах и заслуживают не меньших усилий по их сохранению.

Ключевые слова: лесные и травяные сообщества, степная экосистема, луговые экосистемы, годовичная продукция, надземная фитомасса, подземная органическая масса, почвенный органический материал, биологическая продуктивность.

DOI: 10.31857/S0869587323020020, EDN: FBLCSC

Современные проблемы, вызванные потеплением климата, заставили человечество обратить особое внимание на глобальную роль лесов. Признаётся, что в биосферных процессах, включающих динамику климата, “особенно важны лесные экосистемы, покрывающие 33% поверхности

Земли” [1, с. 44]. По итогам международного климатического саммита глав государств и правительств в Глазго (ноябрь 2021 г.) в очередной раз заявлено, что лесам отводится важнейшее место в планах государств по стабилизации климата, а их сохранение служит одним из главных путей сдерживания глобального потепления. В то же время бросается в глаза практически полное игнорирование других, казалось бы, не менее значимых природных систем, например, травяных (включая луговые и степные). Очевидно, сказывается традиционное отношение к степям и лугам как к менее продуктивным по сравнению с лесами природным формациям. Такие представления обусловлены многократным превосходством массы лесов, накапливающейся в течение десятков и даже сотен лет преимущественно в виде древесного материала: 150–500 т/га в лиственных и широколиственных лесах и 10–37 т/га в степях [2].



АБАТУРОВ Борис Данилович — доктор биологических наук, главный научный сотрудник ИПЭЭ РАН.

По мнению специалистов, “система скелетно-транспортных органов позволяет лесным фитоценозам... поддерживать в течение вегетации листовую полог, по величине LAI^1 и первичной продуктивности примерно вдвое превосходящий травяные фитоценозы” [3, с. 126]. С этим связано стремление заменить степные и луговые природные образования более богатыми и производительными лесными, площадь которых, как считается, в настоящее время ощутимо сокращена в результате деятельности человека.

Между тем давно замечено, что различные растительные сообщества, независимо от их видового состава, в похожих условиях произрастания должны быть близки по своей продуктивности. По мнению А.А. Ничипоровича, “растения в ценозах используют с более или менее одинаковыми коэффициентами полезного действия поглощаемую энергию ФАР². В соответствии с этим при оптимальной обеспеченности и в сходных условиях освещённости разные фитоценозы формируют более или менее одинаковые урожаи” [4, с. 36].

Действительно, было обнаружено, что в лесостепной природной зоне (Центрально-Чернозёмный заповедник) годовая продукция органического вещества в лесу и луговой степи в близких условиях произрастания сходна (по 13.9 т/га) [5], а, по другим данным, в луговой степи даже заметно выше (20.9–24.7 т/га) [6, 7]. В азиатской южной тайге в похожих природных условиях продукция лесных экосистем оказалась ниже лугово-степных, однако в этом случае пониженные показатели леса, по мнению авторов, обусловлены недоучётом подземной корневой массы [1, с. 48]. Отмечается также, что продукция лугов в лесных областях “обычно лежит в тех же пределах, что и продукция лесов, лишь несколько превышая её” [8, с. 269]. Недавно появились оценки, согласно которым травяные сообщества в степях в 2 раза превышают по продуктивности леса [9], а продукция луговых степей более чем в 3 раза выше расположенных рядом широколиственных лесов и южной тайги [10]. Подобные соотношения при сравнении лесных и травяных экосистем фиксируются и в других регионах Земли [11–13]. Тем не менее такие представления до сих пор не закрепились в общественном сознании, хотя возникли уже давно [14, с. 11].

Функциональная роль природных биологических систем в биосферных и климатических про-

цессах ясна пока ещё не в полной мере. Заметим, что к настоящему времени накопилось достаточно много количественных оценок роли лесных и травяных систем. Однако сложность заключается в том, что такие оценки выполнялись специалистами отдельно или по лесам, или степям и лугам без связи друг с другом и без сравнения полученных результатов. Преимущественное общественное внимание в сфере биологических процессов в природных экосистемах неоправданно получили более привлекательные и внешне приметные лесные природные образования, что привело к признанию их ключевой роли.

Рассмотрим эту проблему на примере прямого сопоставления показателей продуктивности и массы накопленного органического вещества в лесных и травяных экосистемах, что позволит понять сравнительную эффективность функционирования каждой из них.

Искусственные лесные и естественные травяные сообщества в степной экосистеме. В результате известного Государственного (Сталинского) плана преобразования природы, принятого и утверждённого в 1948 г., в степных регионах страны начиная с 1950 г. были развернуты грандиозные работы по созданию искусственных лесных насаждений — государственных защитных лесных полос — для борьбы с суховеями, засухами и с целью повышения плодородия степных земель. На ранее свободных степных площадях возникли лесные массивы.

Сравним продуктивность естественных степных сообществ и создаваемых на их месте лесных насаждений. Для этого воспользуемся материалами многолетнего учёта продуктивности естественной степной и искусственной лесной растительности, который проводился сотрудниками организованного в те же годы Джаныбекского стационара Института леса АН СССР (ныне Институт лесоведения РАН) в Волгоградской и Западно-Казахстанской областях. Территория стационара расположена в сухостепной (пустынно-степной) климатической зоне с комплексным почвенно-растительным покровом, состоящим из степных мезофильных (лугово-степных) разнотравно-дерновинно-злаковых сообществ на темноцветных каштановых и чернозёмовидных почвах по понижениям рельефа, сухостепных сообществ галофильных полукустарничков, ксерофильных злаков и разнотравья на сильно засоленных солонцовых и светло-каштановых почвах по микроповышениям и микросклонам [15–18]. В этих почвенно-растительных условиях опытные лесные насаждения произрастают с разной степенью устойчивости и сохранности начиная с момента создания государственных защитных лесных полос в 1950 г. до настоящего времени [19–21].

¹ LAI — листовая индекс, соотношение между суммарной площадью поверхности листьев растительного сообщества и площадью занятой им земной поверхности ($m^2 \cdot m^{-2}$; $га \cdot га^{-1}$).

²Фотосинтетически активная радиация (ФАР) — часть спектра поступающей солнечной радиации, используемой растениями для фотосинтеза.

Таблица 1. Фитомасса и годовая продукция в степных (травяных) сообществах и лесных культурах Джаныбекского стационара в оптимальных и сходных условиях произрастания, т/га (сухой вес)

Фитоценоз, возраст и год исследования	Осадки, мм/год	Годичный прирост надземной фитомассы, т/га · год			Подземная фитомасса, т/га		Суммарная масса тонких корней и надземной продукции, т/га	Источник
		Стволы и крупные ветви	Листья и однолетние побеги	Всего	Общая	Тонкие корни <1 мм		
Культура вяза мелколистного, 5 лет, 1963 г.	225	20.3	8 6.4*	28.3	8.7	2.3**	30.6***	[22]
Древесно-кустарниковый, 13 лет, 1952 г.	371	10	6.5*	16.5	23.8	12.6	29.1	[23, 24]
Травостой лугово-степной разно-травно-злаковый, 1950 г.	167	—	2.8	2.8	36.8	25	27.7	[15]
Тот же, 1952 г.	371	—	4.2	4.2	31.5	29.9	34.1	[28]
Тот же, 1960 г.	305	—	3.2	3.2	17.5	15.7	18.9	[29]

Примечания: *лиственная масса, **годовой прирост корневой массы, ***годовая продукция древостоя.

Для сравнения выбраны древесные и травяные сообщества, расположенные в оптимальных для обоих условий произрастания с одинаковыми гидротермическими и почвенными показателями: древесные — в крупных по площади замкнутых степных понижениях — больших падинах, периодически затапливаемых талыми водами, на промытых от солей темноцветных (чернозёмовидных) почвах с пресной линзой грунтовых вод на глубине около 7 м; естественные травяные — в степных микропонижениях — западинах, затапливаемых талыми и дождевыми водами, с луговокаштановыми незасоленными почвами и пресной линзой грунтовых вод на той же глубине. Отметим, что травяной покров в лесных сообществах отсутствовал в результате регулярного хозяйственного удаления трав с целью исключения конкуренции с их стороны за дефицитную влагу.

Для оценки продукции (годового прироста фитомассы) лесных сообществ использовались опубликованные материалы по продуктивности молодой (пятилетней) культуры вяза мелколистного (*Ulmus pumila* L.) [22] и результаты учётов массы листы, годовых побегов, прироста стволовой древесины, подземной корневой массы тринадцатилетнего смешанного древесно-кустарникового насаждения из тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), клёна ясенелистного (*Acer negundo* L.), вяза мелколистного (*Ulmus pumila* L.), лоха узколистного (*Elaeagnus angustifolia* L.) и жимолости татарской (*Lonicera tatarica* L.) [23–25]. Оценка годового прироста фитомассы молодой культуры вяза мелколистного выполнялась путём ежегодного взвешивания в течение четырёх лет надземной и подземной сухой массы

модельных деревьев [22]. Годичный прирост стволовой древесины смешанного древесно-кустарникового насаждения, исходно выраженный в объёмных величинах (см³), переведён нами в весовые показатели, исходя из удельного веса (плотности) древесины каждой породы. Подземная масса оценивалась в почвенных монолитах 50 × 25 × 25 см из траншей глубиной до 5 м с разделением крупных и мелких корней по диаметру [24]. При анализе подземной фитомассы у деревьев и трав во всех сравниваемых случаях мы ограничивались данными только общей подземной массы корней и отдельно массы мелких корней диаметром <1 мм.

Изучение травяной растительности и её продуктивности началось в первый год работы стационара (1950) и продолжается с перерывами до настоящего времени. Продукция надземной фитомассы определялась стандартными укосными методами в течение всего вегетационного периода с последующим пересчётом [26] по сумме масс доминирующих видов в момент максимума прироста каждого (то есть путём суммирования пиков [27]). Подземная масса трав учтена стандартными методами в почвенных монолитах на глубине корнеобитаемого слоя почвы (1–2 м) с разделением крупных и мелких корней по диаметру [15, 28, 29].

Ежегодный прирост модельных деревьев в культуре вяза мелколистного, определённый по разнице массы деревьев текущего и предыдущего годов в сомкнутом пятилетнем древостое высотой около 5.5 м и диаметром стволов 10 см, с индексом листовой поверхности 7 достиг к этому возрасту предельной величины (табл. 1). Годич-

ная продукция надземной массы была весьма высокой (28.3 т/га) и многократно превышала подземную (2.3 т/га). Характерно, что надземная продукция представлена преимущественно приростом стволовой древесины (20.3 т/га). Листовая масса составила 6.4 т/га, а вместе с однолетними побегами – 8 т/га. Суммарная надземная и подземная годовая продукция в культуре вяза – 30.6 т/га³.

Несколько отлична по структуре продукция и фитомасса смешанного тринадцатилетнего древесно-кустарникового сообщества. Годичный прирост надземной фитомассы (16.5 т/га) здесь ниже, чем в насаждении вяза мелколистного, и также образован в основном приростом стволов и крупных ветвей (10 т/га). Однако подземная масса значительно больше – 23.8 т/га, из которых 12.6 т/га приходится на тонкие корни <1 мм. Листовая масса (6.5 т/га) практически та же, что и в древостое вяза. Сумма продукции надземной фитомассы и подземной массы тонких корней – 29.1 т/га, то есть сходна с аналогичной продукцией вяза. Более низкая продуктивность надземной фитомассы древесно-кустарникового сообщества по сравнению с древостоем вяза мелколистного (16.5 и 28.3 т/га) объясняется, по-видимому, участием в этом сообществе кустарников, значительная часть массы которых локализуется, как и у трав, в подземной части.

В сравниваемом естественном травяном разнотравно-злаковом сообществе общая подземная фитомасса в период 1950–1960 гг. колебалась в пределах 17.5–36.8 т/га, при этом подавляющую её часть (15.7–29.9 т/га) составляли тонкие корни (см. табл. 1). Надземная масса (2.8–4.2 т/га) многократно уступала подземной: их соотношение варьировало в пределах 1 : 6 и 1 : 13. Сумма надземной продукции и подземной массы тонких корней в разнотравно-злаковом сообществе составляла в разные годы 18.9–34.1 т/га.

Такие же объёмы продукции и фитомассы аналогичного степного сообщества были независимо получены в соседнем регионе Северного Прикаспия, расположенном в тех же климатических и геоморфологических условиях [30]. Здесь надземная масса лугово-степного сообщества колебалась за 14 лет наблюдений в сухие и влажные годы от 5.8 до 8.9 т/га, подземная – 13.9–18.0 т/га, суммарно 19.7–26.9 т/га, то есть практически совпала с приведёнными выше значениями на Джаныбекском стационаре. Точно так же в сходных по условиям приазовских степях первичная продукция в разных травяных фитоценозах изменя-

лась от 31.5 до 38.9 т/га, при этом на надземную часть приходилось 1.8–9.3 т/га, а на подземную – 29–30.1 т/га [31].

Таким образом, в рассмотренном степном регионе в оптимальных и одинаковых условиях произрастания деревьев и трав годовая продукция травяных лугово-степных сообществ (18.9–34.1 т/га) мало отличалась от показателей древесного и древесно-кустарникового сообществ (29.1–30.6 т/га). Очевидно, искусственные древесные, древесно-кустарниковые и естественные травяные сообщества в наиболее благоприятных для роста и сходных гидротермических условиях формируют близкую по величине фитомассу. Примечательно, что показатели надземной продукции лесного древесного сообщества (вяз мелколистный) и усреднённые величины подземной массы (тонкие корни) травяного практически сходны (28.3 и 23.5 т/га). Низкими и относительно близкими оказались также и подземная масса тонких корней лесного (вяз) и надземная продукция травяного сообществ (2.3 и 3.4 т/га). Получается, различия сводятся лишь к тому, что в древесных сообществах органическая продукция с мощной стволовой массой локализуется преимущественно в надземной части, а в травяных смещается в подземную, что отмечалось ранее [32]. Эти данные согласуются с упомянутыми выше представлениями о более или менее равной продуктивности различных по составу и структуре фитоценозов, произрастающих в одинаковых условиях.

Однако оценка равной продуктивности сравниваемых сообществ в данном случае получена в засушливых, нехарактерных для лесов климатических условиях, что могло негативно отразиться на их продуктивности и результатах сравнения. Теперь рассмотрим продуктивность обоих сообществ в естественных условиях произрастания.

Продуктивность естественных лесных и травяных сообществ. Широко развернувшиеся во второй половине XX в. исследования биологической продуктивности природных систем по Международной биологической программе (МБП), а также начавшееся тогда же активное изучение почвоведом биологического круговорота в системе “почва–растение” привели к активному накоплению количественных оценок продуктивности [1–3, 8, 33–35]. Их выборочный анализ показал, что годовая продукция в зональном ряду различных по составу европейских лесов (от лесостепных дубрав до хвойно-широколиственных) в умеренных природных зонах меняется в пределах 4.4–24.9 т/га (табл. 2). При этом на долю надземной фитомассы приходится основная часть годового прироста (2.1–18.3 т/га), корней значительно меньше (0.6–6.7 т/га).

³ Проведён уточнённый расчёт величин надземной продукции [26] на основании исходных данных автора [22], поэтому значение годичной продукции в нашем расчёте (30.6 т/га) отличается от оригинальной величины в источнике (22.8 т/га).

Таблица 2. Годичная продукция надземной, подземной и суммарной фитомассы лесных сообществ в условиях умеренных и бореальных широт Европейской России и соседних регионов (т/га·год, сухая масса)

Растительное сообщество и географические координаты	Продукция общая, т/га · год	Надземная продукция, т/га · год	Подземная продукция, т/га · год	Источник
Умеренный пояс				
Велико-Анадольский лес, дубняк древесно-кустарниковый (47°38' с.ш., 37°28' в.д.)	13.7–24.9	12.8–18.3	0.9–6.6	[36]
Теллермановский лес, дубрава снытевая (51°51' с.ш., 42°00' в.д.)	17.4	10.7 4.8*	6.7 4.8**	[37]
Теллермановский лес, дубравы перестойные (51°51' с.ш., 42°00' в.д.)	4.4–11.2	3.7–9 2.1–4.8*	0.6–1	[3]
Осинник осоково-снытевый разновозрастный, 10–50 лет (51°52' с.ш., 39°22' в.д.)	8.2–23.8	–	–	[33]
Широколиственный лес (бук), 79 лет (50°33' с.ш., 13°28' в.д.)	16.6	12.5	4.1	[1] (электронное приложение)
Ельник, 142 года (50°12' с.ш., 11°53' в.д.)	13.9	10.3	3.6	[1] (электронное приложение)
Широколиственный лес (бук), 120 лет (50°04' с.ш., 11°50' в.д.)	10.8	7.7	3.1	[1] (электронное приложение)
Широколиственно-еловые леса, липняк волосисто-осоковый (55°26' с.ш., 37°07' в.д.)	8.4	6.5	1.9	[38]
Бореальный пояс				
Республика Коми, ельник-зеленомошник (61°13' с.ш., 50°00' в.д.)	6.4	5.4	1	[1] (электронное приложение)
Республика Карелия, сосново-еловая тайга (62°13' с.ш., 19°30' в.д.)	4.7	–	–	[1] (электронное приложение)
Республика Карелия, березняк с елью (61°30' с.ш., 34°31' в.д.)	6.2–9.1	–	–	[1] (электронное приложение)

Примечания: *масса листвы, **масса сосущих корней.

В степных и лугово-степных фитоценозах, располагающихся на тех же географических широтах со сходными природными условиями, годовая продукция при таком же размахе колебаний заметно выше лесных (8.3–38.9 т/га), при этом основная часть приходится на подземную массу (6.0–30.8 т/га), меньшая (1.2–11.2 т/га) – на надземную (табл. 3). Заметим, что большой диапазон колебаний годичной продукции обусловлен неоднородностью условий произрастания растений в каждой географической точке. Например, в Теллермановском лесу (Воронежская область) с перестойными дубравами в одном ряду находились низкопродуктивные древостои на бедных солонцовых почвах (4.4 т/га) и более производительные нагорные дубравы (11.2 т/га) на плодородных тёмно-серых почвах (см. табл. 2).

Неоднородность продукции разнотравно-злаковой лугово-степной растительности в Северном Прикаспии (19.7–26.9 т/га) с характерным для степей дефицитом почвенной влаги вызвана изменчивостью атмосферных осадков по годам, то есть связана с динамикой влагообеспеченности растений (см. табл. 3).

Подобное превосходство травяных сообществ над лесными свойственно не только умеренным областям, но и расположенному севернее бореальному климатическому поясу с зональными таёжными лесами и материковыми лугами (Карелия, Ленинградская область). Здесь годовая продукция материковых и пойменных лугов достигает 18.1 и не опускается ниже 10.7 т/га (см. табл. 3), тогда как в лесных сообществах не превышает 9.1 т/га, иногда снижаясь до 4.7 т/га

Таблица 3. Годичная продукция надземной, подземной и общей фитомассы степных и луговых сообществ в умеренных и бореальных широтах Европейской России и соседних регионов (т/га·год, сухая масса)

Растительное сообщество и географические координаты	Продукция общая, т/га · год	Надземная продукция, т/га · год	Подземная продукция, т/га · год	Источник
Умеренный пояс				
Заповедник “Хомутовская степь”, луговые и степные сообщества (47°17' с.ш., 38°11' в.д.)	31.5–38.9	1.8–9.3	29–30.1	[31]
Лугово-степное, Центрально-Чернозёмный заповедник (51°40' с.ш., 36°20' в.д.)	20.9	6.5	14.4	[6]
Луговая степь “Михайловская целина” (50°45' с.ш., 34°12' в.д.)	9.8–12.8	3.8–4.8	6–8	[39]
Разнотравно-злаковая луговая степь, Северный Прикаспий (50° с.ш., 51° в.д.)	19.7–26.9	5.8–8.9	13.9–18	[30]
Луговые степи (ЦЧЗ), 1972–1981 гг. (51°40' с.ш., 36°20' в.д.)	15.5–37.8	4.2–11.2	11.3–26.4	[7]
Остепнённые луга Приобья, 1982–1984 гг. (54°38' с.ш., 83°18' в.д.)	23.2–25.2	4.8–6.7	17.2–19.6	[7]
Республика Тыва, степи луговые, настоящие, сухие, опустыненные (50° с.ш., 95° в.д.)	8.3–34.4	1.2–3.6	7.1–30.8	[40]
Степные луга Забайкалья (51°18'–52°71' с.ш., 106°29'–111°56' в.д.)	14.1–24	1.2–5	12.2–19	[41]
Бореальный пояс				
Пойменные луга, Карельский перешеек (61°07' с.ш., 29°55' в.д.)	18.1	11.8	6.4	[34]
Материковые луга, бассейн Онежского озера (61° с.ш., 34° в.д.)	10.7	4.2	6.5	[1]
Материковые луга, Ленинградская область (60° с.ш., 34° в.д.)	14.1	3.7	10.4	[1]

(см. табл. 2). Очевидно, что во всех сравниваемых случаях продуктивность естественных лесных экосистем не только не превосходит производительность травяных, но и заметно ниже.

Чем же вызваны столь явные различия при равном или близком радиационном режиме и сходной влагообеспеченности? Более низкую продукцию лесной экосистемы по сравнению с лугово-степной на Центрально-Сибирском трансекте специалисты объясняют возможным недоучётом доли подземной фитомассы в лесах [1]. Действительно, обычно она учитывается до глубины не более 2 м. Однако в двух почвенных траншеях, заложенных в степной климатической зоне (Джаныбекский стационар) на глубину 5–5.5 м в древесных насаждениях [24], существенная доля корней (19.1–29.3%) располагалась глубже 2 м. По-видимому, до трети корневой массы в древесных (лесных) насаждениях при обычных исследованиях (на глубину менее 2 м) может не учитываться.

Напрашивается другое объяснение пониженной по отношению к степям и лугам депонированной продукции в лесах, связанное с различием расходов органической массы на дыхание древесных и травянистых жизненных форм растений. Согласно расчётам, для дубрав Теллермановского леса суммарные расходы органического углерода на дыхание снытево-осоковой лесостепной дубравы разного возраста (20–200 лет) составляют 16–20 т/га в год, что соответствует 75% валовой годичной продукции фотосинтеза, при этом 61–67% этого расхода приходится на дыхание стволов [3, 42]. Считается, что в травяных ценозах, в том числе в степных экосистемах, расходы на дыхание, несмотря на повышенную подземную органическую массу, обычно не превышают 50%. В разнотравно-злаковых луговых и сухих степях Забайкалья они изменялись в пределах 39–60% [41], то есть были ощутимо ниже лесных. Казалось бы, именно большой объём скелетной (стволовой) части в надземной массе лесных фитоце-

нозов с их высоким расходом на дыхание объясняет более низкую отложенную продукцию в лесах. Однако по самым последним данным в экосистемах луговых и сухих степей до 70–78% продукции фитоценоза минерализуется и в виде CO_2 выделяется в атмосферу [10], соответственно, затраты органического вещества на дыхание в данном случае не уступают лесным.

Изложенные сравнительные материалы согласуются с приведёнными в начале статьи суждениями о более или менее равной или близкой продуктивности различных по видовому составу растительных сообществ, произрастающих в сходных природных условиях. В любом случае травяные сообщества, в том числе степные, не только не уступают по продуктивности лесным, но часто их превосходят. Изменчивость первичной продуктивности определяется гидротермическими характеристиками экосистем и зависит преимущественно от двух факторов: влагообеспеченности растений и радиационного режима среды. Поэтому при достаточном увлажнении прослеживается увеличение продуктивности от северных тундровых экосистем к южным степным в соответствии с ростом радиационного режима. В этом случае одинаковые растительные сообщества в разных климатических поясах отличаются друг от друга: в частности, продукция широколиственных лесов в субтропическом поясе почти в 2 раза выше, чем в суббореальном [43]. В то же время в пределах одного климатического пояса различные по составу и жизненным формам сообщества (травяные и лесные) сходны или, как видно из нашего сравнения, смещаются в сторону некоторого превосходства продуктивности травяных.

Органическая масса лесных и травяных экосистем. Широко распространённые ныне представления о лесах как ключевых регуляторах биосферных (включая климатические) процессов на суше основаны на их очевидном превосходстве над лугами и степями по растительной массе, накопленной в надземной части в течение многих десятков и сотен лет в форме стволовой древесины. Действительно, по существующим оценкам запасы растительной массы в лесных экосистемах европейской и азиатской части России от северо-таёжных до субтропических зон колеблются в пределах от 100 до 400 т/га, тогда как луговых и степных — в пределах 10–20 т/га [8]. Однако в данной сравнительной оценке не учтена важная часть органического материала, создаваемого и накапливаемого травами в виде почвенного органического вещества также в течение многих лет. Травяные фитоценозы не уступают лесным с их древесной массой, если учитывать создаваемую травами почвенную органическую массу.

Органическая масса, образуемая лесами и травяными сообществами с учётом почвенного органического вещества, практически одинакова. По имеющимся фактическим оценкам, в таёжном климатическом поясе (Костромская область) запасы органического углерода в луговых (залежи) и лесных (ельники) экосистемах изменяются (по максимальным значениям) от 127 до 195 т/га [44]. Точно так же в лесостепной климатической зоне (Курская область) эти значения в лесных (широколиственных) и луговых чернозёмных экосистемах варьируют всего в пределах 404–440 т/га [44]. То есть травяные и лесные экосистемы по созданной и накопленной здесь органической массе практически равны. Разница только в том, что в лесных экосистемах основная органическая масса локализуется в надземной сфере (в древесине), а в луговых и степных — в подземной.

Внутрипочвенный органический материал скрыт от глаз и не воспринимается как субстрат биологического (растительного) происхождения, но именно за счёт него степные экосистемы выравняются по запасам органического вещества с лесными вместе с их огромной древесной массой. Добавим к этому, что земли степей, обогащённые почвенной органикой, оказываются наиболее плодородными и вместе с возделываемыми на них сельскохозяйственными культурами служат для человека важнейшей продовольственной житницей.

* * *

Если вернуться к суждениям о сравнительной роли лесных и травяных экосистем в изменении климата, то изложенный материал подтверждает, что травяные экосистемы не уступают лесным по продуктивности и запасам органического вещества, а следовательно, по активности потоков органического углерода между ними и атмосферой. Поглощение углерода экосистемой отражается на концентрации CO_2 в атмосфере и, как считается, сказывается на парниковом эффекте и глобальных климатических процессах. Синтез органического вещества в травяных и лесных экосистемах (т/га в год) почти идентичный. Соответственно, поглощение экосистемой CO_2 практически одинаково. Различия только в локализации органической продукции: в одном случае — в почве, в другом — преимущественно в стволовой массе. По эмиссии CO_2 из почв (выделение углерода в атмосферу) в результате дыхания корней и микробного разложения почвенной органики луговая экосистема, по недавним оценкам, ощутимо превышает лесную [45]. Однако в этом конкретном случае показатели лесной экосистемы, очевидно, существенно занижены. В данном расчёте не учитывалось дыхание стволовой массы в лесном древостое. Если оценивать эмиссию углерода

всей экосистемой с учётом дыхания не только почв, но и надземной растительной массы (в том числе столовой), эти значения, вероятно, сравниваются.

Таким образом, леса — далеко не единственный и даже не основной элемент, ответственный за биосферные процессы на суше. Травяные экосистемы не менее, а возможно, и более эффективны при регуляции биосферных и климатических процессов. По своей биомассе и функциональной роли они не уступают лесам, а во многих случаях превосходят их. Безусловно, травяные экосистемы, в частности степи, заслуживают не меньшего внимания, охраны и поддержания естественных природных форм их функционирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Базилевич Н.И., Титлянова А.А.* Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008.
2. *Родин Л.Е., Базилевич Н.И.* Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. М.—Л.: Наука, 1965.
3. *Романовский М.Г., Мамаев В.В., Селочник Н.Н. и др.* Экосистемы Теллермановского леса. М.: Наука, 2004.
4. *Ничипорович А.А.* Основы фотосинтетической продуктивности растений // Современные проблемы фотосинтеза. М.: Изд-во МГУ, 1973. С. 17–43.
5. *Марголина Н.Я., Александровский А.Л., Ильичёв Б.А. и др.* Возраст и эволюция чернозёмов. М.: Наука, 1988.
6. *Утехин В.Д.* Первичная биологическая продуктивность лесостепных экосистем. М.: Наука, 1977.
7. *Титлянова А.А., Базилевич Н.И., Шмакова Е.И. и др.* Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности. 2-е изд., испр. и доп. Новосибирск: ИПА СО РАН, 2018.
8. *Базилевич Н.И.* Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука, 1993.
9. *Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Жиенгалиев А.Т., Кудеяров В.Н.* Углеродный бюджет степных экосистем России // Доклады АН. 2019. № 6. С. 732–735.
10. *Титлянова А.А., Шибарева С.В.* Изменение чистой первичной продукции и восстановление запасов углерода в почвах залежей // Почвоведение. 2022. № 4. С. 500–510.
11. *Canedoli C., Ferrè C., El Khair D. et al.* Evaluation of ecosystem services in a protected mountain area: Soil organic carbon stock and biodiversity in alpine forests and grasslands // Ecosystem Services. 2020. V. 44. P. 32–45.
12. *Conant R.T., Cerri C.E.P., Osborne B.B., Paustian K.* Grassland management impacts on soil carbon stocks: a new synthesis // Ecological Applications. 2017. № 2. P. 662–668.
13. *Doblas-Miranda E., Rovira P., Brotons L. et al.* Soil carbon stocks and their variability across the forests, shrublands and grasslands of peninsular Spain // Bio-geosciences. 2013. V. 10. P. 8353–8361.
14. *Абатуров Б.Д.* Биопродукционный процесс в наземных экосистемах (на примере экосистем пастбищных типов). М.: Наука, 1979.
15. *Каменецкая И.В.* Естественная растительность Джаныбекского стационара // Труды комплексной научной экспедиции по вопросам полезащитного лесоразведения. Т. 2. М.: АН СССР, 1952. С. 101–162.
16. *Роде А.А.* Почвы Джаныбекского стационара, их морфологическое строение, механический и химический состав и физические свойства // Труды Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1961. Т. 56. С. 3–214.
17. *Большаков А.Ф., Базыкина Г.С.* Природные биогеоценозы и условия их существования // Биогеоэкологические основы освоения полупустыни Северного Прикаспия / Ред. А.А. Роде. М.: Наука, 1974. С. 6–34.
18. *Доскач А.Г.* Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М.: Наука, 1979.
19. Научное наследие Джаныбекского стационара / Ред. М.К. Сапанов. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2012.
20. *Сапанов М.К.* Экология лесных насаждений в аридных регионах. Тула: Гриф и К, 2003.
21. *Сиземская М.Л.* Современная природно-антропогенная трансформация почв полупустыни Северного Прикаспия. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2013.
22. *Эрперт С.Д.* Динамика накопления фитомассы у вяза мелколистного в первые годы жизни на темноцветной почве больших палин в северо-западном Прикаспии // Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. Л.: Наука, 1971. С. 70–74.
23. *Хлебникова Н.А., Маркова М.Н.* Особенности роста и водного режима древесных пород в условиях Прикаспийской низменности // Труды Института леса. 1955. Т. 25. С. 95–109.
24. *Эрперт С.Д.* Корневые системы некоторых древесных растений в условиях больших палин северо-западной части Прикаспийской низменности // Труды Института леса. 1955. Т. 25. С. 136–174.
25. *Карандина С.Н.* Корневые системы, влагопотребление и газовый режим почвы // Чистые культуры древесных пород на больших палинах Прикаспийской низменности / Ред. А.А. Роде. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 45–118.
26. *Абатуров Б.Д., Нухимовская Ю.Д., Кулакова Н.Ю.* Первичная продуктивность степных растительных сообществ в комплексной полупустыне Северного Прикаспия // Успехи современной биологии. 2016. № 5. С. 439–448.
27. *Титлянова А.А.* Методология и методы оценки чистой первичной продукции и построения баланса химических элементов в экосистемах // Теоретические основы и опыт экологического мониторинга

- га / Ред. В.Е. Соколов, Н.И. Базилевич. М.: Наука, 1983. С. 63–76.
28. *Каменецкая И.В., Гордеева Т.К., Ларин И.В.* Структура и динамика естественной растительности в районе Джаныбекского стационара // Труды Института леса. 1955. Т. 25. С. 175–211.
 29. *Оловянная И.Н.* Динамика продуктивности растительного покрова в Заволжской глинистой полупустыне // Ботанический журнал. 2004. № 7. С. 1122–1136.
 30. *Фартушина М.М.* Особенности функционирования основных ассоциаций пустынно-степного комплекса Северного Прикаспия // Флора и растительность Северного и Западного Казахстана (Перспективы использования). Алма-Ата: Наука, 1987. С. 69–75.
 31. *Быстрицкая Т.Л., Осычнюк В.В.* Почвы и первичная биологическая продуктивность степей Приазовья. М.: Наука, 1975.
 32. *Абатуров Б.Д.* Конкурентное разобшение травяных и древесных растительных сообществ в степной и лесной природных зонах // Успехи современной биологии. 2014. № 5. С. 494–502.
 33. *Ремезов Н.П., Быкова Л.Н., Смирнова К.М.* Потребление и круговорот азота и зольных элементов в лесах европейской части СССР. М.: Изд-во Московского университета, 1959.
 34. *Алексеев Л.Н.* Продуктивность луговых растений в зависимости от условий среды. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1967.
 35. *Титлянова А.А., Базилевич Н.И., Снытко В.А. и др.* Биологическая продуктивность травяных экосистем. Новосибирск: Наука, 1988.
 36. *Быстрицкая Т.Л., Ватковский О.С.* Почвы и первичная биологическая продуктивность Велико-Анадольского леса // Почвенно-биогеоэкологические исследования в Приазовье. М.: Наука, 1975. С. 158–177.
 37. *Молчанов А.А.* Научные основы ведения хозяйства в дубравах лесостепи. М.: Наука, 1964.
 38. *Дылис Н.В., Носова Л.М.* Фитомасса лесных биогеоценозов Подмосковья. М.: Наука, 1977.
 39. *Тишков А.А., Царевская Н.Г.* Продуктивность природных, полуприродных и антропогенно модифицированных экосистем // Проблемы региональной экологии. 2005. № 2. С. 6–21.
 40. *Титлянова А.А., Косых Н.П., Курбатская С.С. и др.* Продуктивность травяных экосистем Тувы // Почвы и окружающая среда. 2020. № 2. С. 1–17.
 41. *Чимитдоржиева Г.Д., Егорова Р.А., Мильхеев Е.Ю., Цыбенков Ю.Б.* Поток углерода в степных экосистемах (на примере Южного Забайкалья) // Растительный мир Азиатской России. 2010. № 2 (6). С. 33–39.
 42. *Романовский М.Г., Гопиус Ю.А., Мамаев В.В., Щекалёв Р.В.* Автотрофное дыхание лесостепных дубрав. Архангельск: ИПП “Правда Севера”, 2008.
 43. *Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А.* Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М.: Наука, 1986. С. 50–180.
 44. *Чернова О.В., Рыжова И.М., Подвезенная М.А.* Влияние исторических и региональных особенностей землепользования на величину и структуру запасов углерода в южной тайге и лесостепи Европейской России // Почвоведение. 2018. № 6. С. 747–758.
 45. *Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Хорошаев Д.А. и др.* Анализ многолетней динамики дыхания почв в лесном и луговом ценозах Приокско-Террасного биосферного заповедника в свете современных климатических трендов // Почвоведение. 2020. № 10. С. 1220–1236.

ИЗ РАБОЧЕЙ ТЕТРАДИ ИССЛЕДОВАТЕЛЯ

ВОДНЫЙ АЭРОЗОЛЬ В ИСКУССТВЕННОМ АНАЛОГЕ
ПРИРОДНОЙ ШАРОВОЙ МОЛНИИ

© 2023 г. А. А. Черемисин^{a,*}, В. П. Исаков^{a,**}, Е. А. Шишкин^{a,b,***},
А. А. Онищук^{a,****}, В. Н. Пармон^{b,c,*****}

^aИнститут химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, Новосибирск, Россия

^bНовосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

^cФедеральный исследовательский центр “Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН”,
Новосибирск, Россия

*E-mail: aacheremisin@gmail.com

**E-mail: isakov42@bk.ru

***E-mail: egor.shishkin.1996@mail.ru

****E-mail: onischuk@kinetics.nsc.ru

*****E-mail: parmon@sb-ras.ru

Поступила в редакцию 29.07.2022 г.

После доработки 21.11.2022 г.

Принята к публикации 11.12.2022 г.

Статья посвящена исследованию ярко светящегося шарообразного образования, названного плазмойдом, которое возникает при особом типе импульсного электрического разряда над водной поверхностью. Продолжительность жизни светящегося шара довольно велика, поэтому его рассматривают в качестве аналога шаровой молнии, природа которой до сих пор не получила исчерпывающего научного объяснения. Авторами статьи предпринята попытка выяснить, присутствует ли в плазмойде аэрозоль, каковы его химический и дисперсный составы. Показано, что при прохождении через плазмойд лазерного пучка отчётливо наблюдается рассеяние лазерного излучения на аэрозольных частицах разного размера. Установлено, что внутренность плазмойда заполнена водным аэрозолем, включающим в себя две фракции — одна состоит из частиц субмиллиметрового диапазона, другая содержит среднелдисперсный аэрозоль. Общий объём частиц оценивается величиной в несколько см³. Есть надежда, что полученные результаты позволят продвинуться в понимании процессов, происходящих при образовании не только плазмойдов, но и природных шаровых молний.

Ключевые слова: плазмойд, шаровая молния, аэрозоль.

DOI: 10.31857/S0869587323020044, EDN: FCFBOI

В 2000 г. в ходе экспериментов, проводившихся в Петербургском институте ядерной физики им. Б.П. Константинова (с 2011 г. в составе НИЦ “Курчатовский институт”), впервые был обнару-

ЧЕРЕМИСИН Александр Алексеевич — доктор физико-математических наук, заведующий отделом физики и химии высокоэнергетических систем ИХКГ СО РАН. ИСАКОВ Владимир Павлович — кандидат физико-математических наук, ведущий инженер лаборатории дисперсных систем ИХКГ СО РАН. ШИШКИН Егор Анатольевич — аспирант физического факультета НГУ. ОНИЩУК Андрей Александрович — доктор химических наук, заведующий лабораторией наносистем, директор ИХКГ СО РАН. ПАРМОН Валентин Николаевич — академик РАН, вице-президент РАН, председатель Сибирского отделения РАН, научный руководитель ФИЦ ИК СО РАН.

жен особый тип импульсного электрического разряда над водной поверхностью [1]. С момента своего открытия (по месторасположению ПИЯФ разряд получил название “гатчинского”) он привлекает большое внимание исследователей, поскольку сопровождается формированием ярко светящегося шарообразного образования. Продолжительность жизни светящегося плазмойда довольно велика и может достигать 0.5 с (при типичном времени гальванического контакта формирующегося плазмойда с электродами около 0.1 с). На этом основании шарообразный плазмойд рассматривают в качестве аналога природной шаровой молнии. Её природа до сих пор не раскрыта, хотя наблюдениям, гипотезам о механизмах её формирования посвящено большое число

работ [2–5]. Рассматриваются, в частности, различные химические модели этого явления [3]. Например, в работе [4] выдвинута гипотеза, что большое время жизни и высокую энергоёмкость светящегося образования обеспечивает окисление тонкодисперсного кремния внутри кремниевой оболочки плазмоида. Результаты теоретического анализа и экспериментальные наблюдения не противоречат такому предположению. Что касается “гатчинского” феномена, то, по мнению авторов той же работы, построение его адекватной модели затруднено вследствие недостаточного понимания процессов, происходящих при разряде.

Активные исследования процесса образования и свойств шарообразного плазмоида, возникающего в результате разряда над водной поверхностью, проводят как в России, так и во многих лабораториях за рубежом, в частности, в Китае [6], Японии [7, 8], Германии [9], США [10–12], Чехии [13]. Во многих экспериментах большое внимание уделяется режимам тока разряда, обеспечивающего длительность свечения шара. Детали эволюции плазмоида исследователи отслеживали с помощью высокоскоростных видеокамер [6, 7, 13]. Спектры свечения плазмоида в видимом диапазоне приведены в работах [8, 12]. Обнаружены линии эмиссии многих ионов металлов, которые экспериментаторы добавляли в воду в составе различных соединений.

Изображения светящегося шара, полученные шлирен-методом¹, указывают на однородную плотность субстанции внутри него и выявляют наличие пограничного слоя с резким градиентом плотности сверху и сбоку плазмоида; под шаром наблюдается зона турбулентного перемешивания [11]. В этой же работе представлены инфракрасные спектры поглощения, которые позволили выявить в плазмоиде наличие паров воды, а также молекул двуокиси углерода, являющейся, как полагают, продуктом окисления графитового электрода, использовавшегося при разряде. Изучалось также влияние полярности электродов на образование плазмоида [10]. В работе [14] выдвинуто предположение, что плазмоид образован холодной гидратированной плазмой, причём длительность его свечения обеспечивается за счёт постепенной рекомбинации ионов, законсервированных в гидратных кластерах. Такое предположение требует экспериментальной проверки. В целом, несмотря на активное исследование обсуждаемого явления, остаётся ещё множество нерешённых вопросов, касающихся структуры и состава плазмоида.

¹ Шлирен-метод – способ обнаружения оптических неоднородностей в прозрачных преломляющих средах и выявления дефектов отражающих поверхностей. (Прим. ред.)

Специалистам известно, что в результате многих химических и физико-химических процессов образуются аэрозоли – взвешенные в газовой фазе высокодисперсные частицы конденсированной фазы. Нашей целью стало выяснение вопроса о том, присутствует ли аэрозоль в плазмоиде и каковы его химический и дисперсный составы.

Результаты наблюдений эволюции плазмоида. Схема использованной нами установки для получения водного электрического разряда представлена на рисунке 1,а. Плазмоид формировался при разряде высоковольтной конденсаторной батареи через разрядную ячейку – она представляет собой пластиковую цилиндрическую ёмкость с водой, диаметром 26 см и объёмом 5 л, в которую погружены два электрода: первый (центральный), выступающий над поверхностью воды на 1–2 мм, и второй, полностью находящийся в воде на глубине ~20 см. Роль центрального электрода играл графитовый или вольфрамовый стержень диаметром 5 мм, помещённый в изолирующий кварцевый тонкостенный цилиндрический канал. В роли второго электрода использовалась специально изготовленная медная шина в виде кольца с внешним диаметром чуть меньшим внутреннего диаметра ёмкости. Для соединения элементов цепи использовали высоковольтный медный кабель (диаметр токопроводящего провода 3.5 мм). Ёмкость высоковольтной конденсаторной батареи – 1 мФ. Батарея заряжалась до напряжения 5.5 кВ от высоковольтного источника, обеспечивающего ток зарядки 100 мА, при этом в батарее запасалась энергия ~15 кДж. Ограничивающее ток разряда активное сопротивление (4 Ом) для уменьшения индуктивности было выполнено с бифилярной намоткой нихромового провода.

Первоначально оба электрода ячейки имели одинаковый электрический потенциал. При замыкании ключа на электродах возникало напряжение и происходил разряд с характерными временами нарастания импульса напряжения и тока около 60 мкс (рис. 1,б). Корректность приведённых на рисунке зависимостей обеспечивали амплитудно-частотные характеристики цепей измерения напряжения и тока, позволяющие регистрировать изменения сигнала, на два порядка более быстрые, чем сам сигнал длительностью примерно 1 мкс.

Ток, достигая максимума спустя 120 мкс, затем уменьшался. Через 100 мс разряд практически завершился. Последующая эволюция плазменного образования, возникавшего в результате разряда, происходила без подпитки электрической энергией, поступающей в разрядную ячейку из внешней цепи. При этом напряжение на электродах ячейки монотонно падало и спустя 100 мс составляло половину максимального значения (5 кВ);

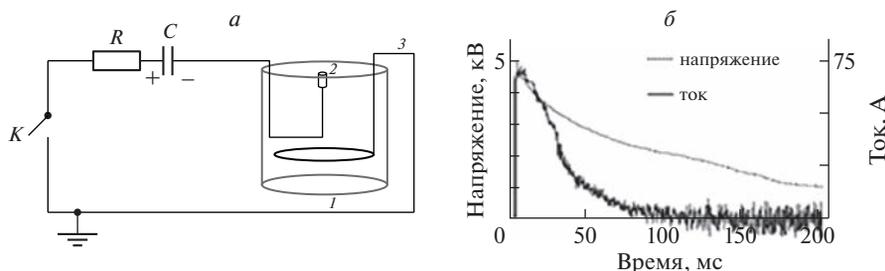


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема установки (а) и типичные зависимости напряжения на разрядной ячейке и силы тока в цепи от времени при разряде после замыкания ключа К (б)

1 – разрядная ячейка, 2 – центральный электрод, расположенный над поверхностью воды, 3 – второй электрод, погружённый в воду, С – батарея высоковольтных конденсаторов, К – ключ, R – защитное сопротивление, ограничивающее ток при разряде

к концу наблюдения сохранялось остаточное напряжение 0.7 кВ.

Исследование потерь электрической энергии в цепи дало следующие результаты. Основные потери (~0.7 кДж) происходили при протекании тока через защитное сопротивление. Остаточному напряжению соответствует 0.25 кДж остаточной энергии конденсаторной батареи. Интегрирование произведения тока на напряжение по времени для ключа показало, что связанными с его замыканием потерями можно пренебречь, так как они существенно меньше вызванных первыми двумя указанными источниками потерь. Таким образом, непосредственно на разрядной ячейке происходит трансформация в другие формы примерно 14 кДж электрической энергии.

Использование высокоскоростной видеокамеры Phantom VEO E-310L позволило детально наблюдать процесс развития и угасания плазмоида (рис. 2), в котором можно выделить три этапа. На первом из них на поверхности воды возникают стримеры – тонкие светящиеся разветвлённые каналы ионизированного газа, которые образуются под действием сильного электрического поля и двигаются от центрального электрода, где начинается разряд, в сторону внешней границы сосуда, достигая максимальной длины ~7 см за 0.5–1 мс.

Второй этап характеризуется поступлением энергии от конденсаторной батареи в разрядную ячейку и, согласно результатам измерения силы тока в цепи, длится 100 мс (см. рис. 1, б). В это время происходит развитие ярко светящейся структуры плазмоида, который в итоге приобретает форму шара диаметром ~15 см. Стримеры, достигшие своего максимального размера, начинают расширяться, а в месте расположения центрального электрода надувается ярко светящийся шарик. За 100 мс, пока происходит разряд тока, образование превращается в шарик с толстой ножкой, основанием которой служит размытая

область на водной поверхности, где ранее наблюдались стримеры.

На третьем этапе плазмоид развивается без подпитки внешней энергией. Сначала утончается ножка, содержимое которой, по-видимому, втягивается в объём шарика, при этом плазмоид начинает медленно всплывать вверх. Длительность яркого свечения образования составляет 0.5–0.6 с. В конце этапа свечение прекращается, хотя подобие шаровой структуры сохраняется ещё некоторое время, что мы наблюдали с помощью лазерной подсветки. Возможно, этот пока мало изу-

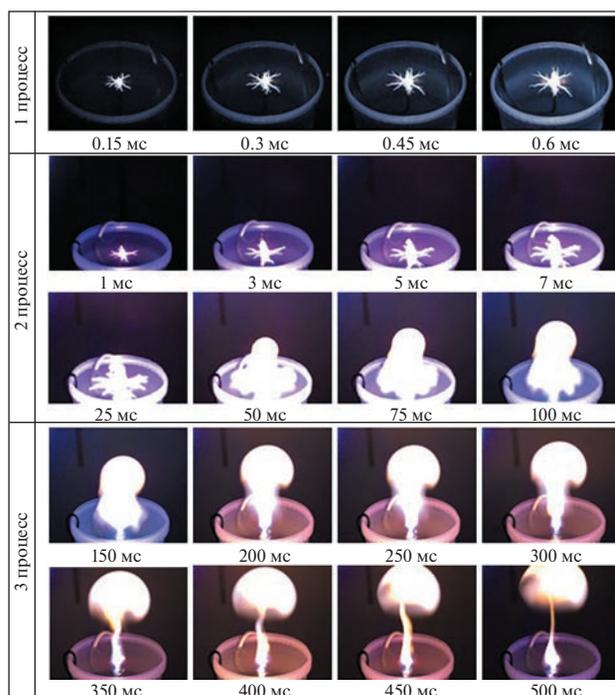


Рис. 2. Эволюция плазмоида

Параметры съёмки: (верхний ряд) частота 6400 кадр/с, время экспозиции кадра 60 мкс; (остальные кадры) частота 3200 кадр/с, время экспозиции 100 мкс

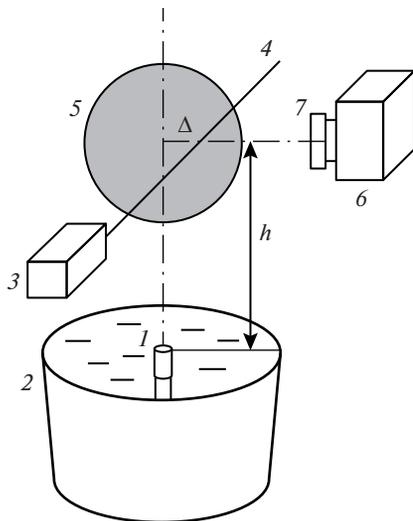


Рис. 3. Схема наблюдений аэрозольного рассеяния в лазерном пучке

1 – центральный электрод, 2 – разрядная ячейка, 3 – лазер, 4 – лазерный луч или вертикальный лазерный нож, 5 – плазмод, 6 – высокоскоростная видеокамера, 7 – объектив с фокусным расстоянием 105 мм или горизонтальный микроскоп

ченный процесс имеет смысл рассматривать в качестве четвертого этапа эволюции изучаемого образования.

В силу того, что яркость свечения на различных этапах жизни плазмоида оказывалась разной, для каждого отдельного этапа подбирались свои параметры съёмки.

Обсуждение вихревой природы наблюдаемого явления. Описанная эволюция плазмоида (см. рис. 2) аналогична образованию термического потока от границы тёплой снизу и холодной сверху среды в поле силы тяжести или образованию вихревого кольца при импульсном воздействии [15]. В данном случае можно считать, что после разряда тока всплывает компактный вихрь (ядром его служит вихревое кольцо, за которым внизу образуется колоннообразный вихрь). На фотографии этот вихревой жгут, точнее его ядро, напоминает ножку гриба. Подобные по форме явления наблюдаются при взрыве атомной бомбы над поверхностью или возникновении вихревых колец при подрыве кольцевого шнура из взрывчатого вещества [15].

Такого вида структура показана на фотографиях (см. рис. 2) и выявлена при скоростной видеосъёмке, выполненной другими авторами [16–18]. Газодинамические модели, описывающие течение процессов в плазмоиде, развиваются в работах [17, 18]. На основе этих моделей проведены численные исследования эволюции вихревых структур [18]. Важно отметить, что размеры моделируемого вихревого образования и наблюдаемого

го в ходе экспериментов находятся в хорошем соответствии. Для более точного моделирования структуры вихревых потоков необходимо выяснить состав среды плазмоида, который исследован недостаточно.

Наблюдение водного аэрозоля в плазмоиде. Отправной точкой для проведения исследования аэрозольной составляющей плазмоида послужил эксперимент, схема которого приведена на рисунке 3.

С помощью упоминавшейся высокоскоростной видеокамеры мы фиксировали прохождение лазерного луча в плазмоиде. Был использован синий лазер, работающий в непрерывном режиме (длина волны 400–450 нм, мощность 1 Вт). Диаметр лазерного пучка составлял 3 мм. Параметры съёмки: частота 3200 кадр/с, время экспозиции кадра 100 мкс.

На рисунке 4,а представлен типичный видеокадр наблюдения без применения светофильтра в момент, когда ярко светящийся шар почти полностью погас (время наблюдения – 480 мс от начала инициации разряда). Конфигурация системы наблюдений была следующей: лазерный луч шёл в горизонтальной плоскости; линия оптической оси кинокамеры и луч пересекались под косым углом 30 градусов; кинокамера несколько приподнималась над горизонтальной плоскостью, в которой шёл лазерный луч, и находилась выше центра плазмоида. Высота лазерного луча над поверхностью воды равнялась 16 см, а расстояние от центра плазмоида до луча $\Delta \sim 1$ см.

Внутри плазмоида отчётливо виден трек лазерного луча, а вне – лазерный луч становится невидимым. Мы предположили, что визуализация лазерного луча стала возможной за счёт рассеяния света лазерного пучка аэрозольными частицами, присутствующими в плазмоиде.

Для усиления контраста между изображением лазерного пучка, формируемом за счёт рассеянного света, и светящейся поверхностью плазменного шара был применён синий интерференционный светофильтр с полосой пропускания 10 нм и центрированный на длине волны 450 нм, что соответствует характеристикам использованного лазерного излучения с длиной волны 450 нм. Результаты наблюдения с применением светофильтра представлены на рисунке 4,б.

Схема наблюдения в точности соответствует приведённой на рисунке 3. Оптическая ось фотокамеры и лазерный луч располагались в горизонтальной плоскости перпендикулярно друг другу. Высота луча лазера $h = 16$ см, $\Delta = 6$ см, что соответствовало прохождению луча примерно в 3 см от края плазмоида. В качестве объектива использовали применяемый для макросъёмки SIGMA MACRO с фокусным расстоянием 105 мм.

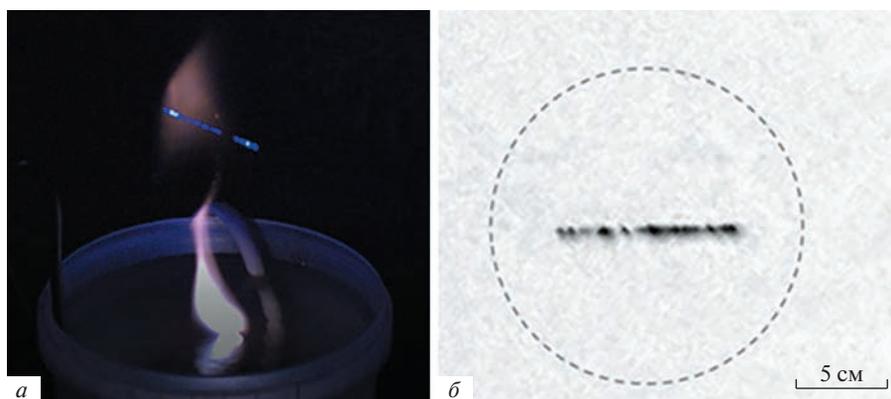


Рис. 4. Наблюдение аэрозоля в рассеянном свете лазерного пучка:

a – без применения светофильтра, в момент погасания плазмоида, *б* – с применением светофильтра. Пунктирная линия показывает положение светящегося видимого диска плазмоида. Трек является хордой для плазменного шара, она идёт от одной точки ограничивающей сферы до другой.

Объектив кинокамеры фокусировали так, чтобы получить резкое изображение трека лазерного пучка. Настройку осуществляли до проведения плазменного эксперимента с использованием визуализации лазерного пучка с помощью искусственно созданного дыма. Для выяснения масштаба съёмки предварительно в поле захвата камеры помещали масштабную линейку. Параметры съёмки: частота 3200 кадр/с, время экспозиции кадра 100 мкс. Размер матрицы составлял 1280×800 пикселей. Разрешение – 50 мкм из расчёта на один пиксел.

Фотокадр на рисунке 4,б представлен в инвертированных цветах. Белый соответствует чёрному фону изображения, а градации серого вплоть до чёрного – яркости рассеянного синего света излучения лазера. Видно, что в лазерном пучке выявляется некоторое количество сферических частиц, являющихся центрами рассеяния. Известный масштаб изображения позволяет оценить размер (диаметр) частиц (как оказалось, они довольно крупные), а обработка 100 последовательных кадров – построить распределение по размерам (рис. 5,а). Средний размер оценивается величиной 0.46 мм, со средним квадратичным отклонением 0.3 мм. Концентрация – ~ 40 частиц/см³ при погрешности $\sim 40\%$, что соответствует локализации внутри плазмоида ~ 3.9 см³ субстрата частиц.

Можно было предположить, что наблюдаемые частицы – результат диспергирования материала электрода при разряде. Но тогда следовало бы ожидать сильной зависимости этого процесса от материала. Между тем экспериментально установлено, что при замене графитового электрода на вольфрамовый также фиксируются частицы с распределением по размерам, подобным приведённому на рисунке 5,а.

При проведении большинства экспериментов торец изолирующей кварцевой трубочки и верхняя часть центрального электрода находились на одном уровне. На поверхности электрода отсутствовала вода, он оставался сухим. В разрядной

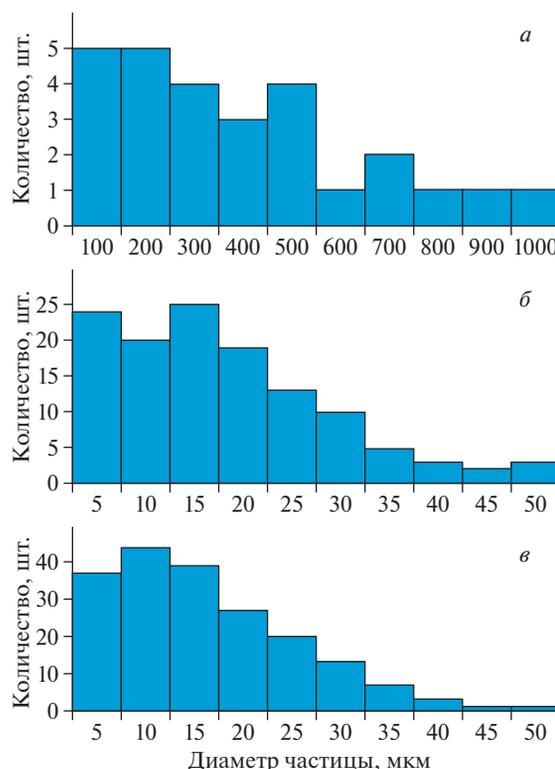


Рис. 5. Гистограмма распределения водяных капель по размерам:

a – субмиллиметровый аэрозоль, *б* – среднedisперсный аэрозоль при использовании графитового электрода, *в* – среднedisперсный аэрозоль при использовании вольфрамового электрода

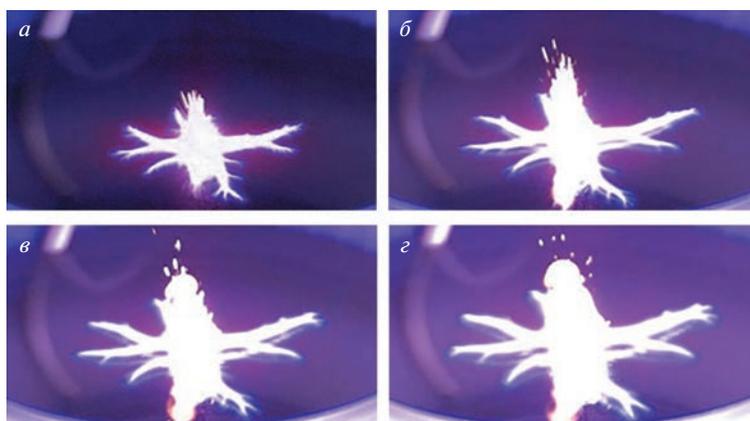


Рис. 6. Наблюдение водяных частиц, вылетающих по направлению к телу образующегося плазмоида с поверхности воды при разряде
a – 1 мс, *б* – 2 мс, *в* – 3 мс, *г* – 4 мс

ячейке использовалась вода с малым количеством растворённых солей (чистая водопроводная), согласно измерениям, являющаяся низкоомной средой с удельным сопротивлением $0.67 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. При этом цвет плазмоида визуально оценивался как белый.

В ряде экспериментов торец кварцевой трубочки, изолирующей центральный электрод, выступал над его плоскостью на 2 мм. Это позволяло помещать на сухой электрод небольшое количество различных веществ. Оказалось, что добавка капельки воды объёмом примерно 0.05 мл не приводила к существенным изменениям характера эволюции плазмоида. При этом время жизни светящегося образования незначительно увеличивалось, на 20–50 мс.

Добавление на сухой электрод сухих порошков солей или окислов металлов массой около 0.1 мг приводило к изменению цвета плазмоида (исходно белого) и различным вариантам оттенков в зависимости от добавок. Например, медный купорос придавал зеленоватый оттенок, поваренная соль – жёлтый. На продолжительность жизни плазмоида эти добавки не оказывали заметного влияния. В силу того, что характер эволюции светящегося образования не зависит ни от материала электрода, ни от добавок на электрод различных солей и окислов металлов, можно предположить, что регистрируемые частицы, с большой вероятностью являются водяными каплями. Они могут быть продуктами конденсации водяных паров, так или иначе возникающих при разряде. Кроме того, согласно наблюдениям, часть этих капель может являться продуктом диспергирования воды, окружающей центральный электрод, в результате процессов, происходящих на водной поверхности сосуда при токовом разряде. Действительно, на рисунке 6 обнаруживаются капли, вылетающие из зоны развивающихся стримеров

по направлению к формирующемуся телу плазмоида (частота 3200 кадр/с, время экспозиции 100 мкс). Приведена последовательность кадров с временным интервалом 1 мс. Размеры капель на них варьируются от 0.5 до 2 мм, что соответствует крупноразмерной части распределения, представленного на рисунке 5, *a*. Эта крупноразмерная часть заметно отличается от распределения в диапазоне 100–500 мкм. Можно предположить, что механизм образования частиц этого поддиапазона иной, чем диспергирование воды, что они сформировались в результате конденсации водяного пара.

Наблюдение среднedisперсного водного аэрозоля в плазмоиде. Лазерное излучение направляли в горизонтальной плоскости в сторону плазмоида и фокусировали цилиндрической линзой в пучок шириной 1 мм и высотой 7 мм. Лазерный нож рассекал плазмоид в вертикальной плоскости на расстоянии нескольких сантиметров от его края. (Рабочий отрезок объектива горизонтального микроскопа составлял 3 см, для защиты от загрязнения использовали тонкое защитное оптическое стекло.) Лазерный нож располагался в плоскости фокусировки объектива высокоскоростной видеокамеры. Фокусировку проводили до проведения экспериментов с плазмой; для визуализации лазерного ножа использовали поток частиц водного аэрозоля от ультразвукового диспергатора. Толщина ножа соответствовала глубине резкости объектива. Масштаб увеличения изображения определяли путём регистрации шкалы объективного микрометра, располагаемой в объектной плоскости резкости – плоскости лазерного ножа. Для уменьшения влияния излучения плазмоида на контраст изображения использовали синий светофильтр.

Типичный полученный из видео фрагмент изображения представлен на рисунке 7; кадр снят

через 430 мс после начала инициации разряда. Размер изображения — 3.6×2.2 мм; разрешение — 2.7 мкм, что соответствует размеру одного пикселя; увеличение примерно 6 крат. Параметры съёмки: частота 3200 кадр/с, время экспозиции кадра 100 мкс.

Треки отдельных частиц, которые видны на видеокadre, позволяют получить информацию о размере и скорости частиц в вертикальной плоскости — плоскости лазерного ножа. Длина трека пропорциональна произведению скорости частицы и времени экспонирования кадра, что даёт возможность оценить скорость наблюдаемой частицы. Для частиц, представленных на рисунке 7, значения длин треков оказались близкими друг к другу, а их средняя скорость — равной 0.3 м/с.

Толщина треков позволяет оценить размеры частиц. Их распределение по размерам в микрометровом диапазоне, представленное на рисунке 5б,в, получено путём обработки нескольких кадров видеосъёмки. При использовании графитового электрода число частиц, по которым набиралась статистика, составило 192, средний размер — 19 мкм, среднее квадратичное отклонение — 9 мкм. Концентрация — 3×10^3 частиц/см³ при погрешности $\pm 40\%$, что соответствует примерно 0.02 г полной массы водного аэрозоля в теле плазмоида.

Предположение о том, что наблюдаемые частицы являются каплями воды, подкрепляют данные измерения распределения частиц по размерам (при использовании вольфрамового электрода). Характеристики полученного распределения (рис. 5,в) соответствуют распределению для графитового электрода (рис. 5,б). Число частиц, по которым набиралась статистика, — 154, средний размер — 16 мкм, среднее квадратичное отклонение — 10 мкм. Концентрация — 2×10^3 частиц/см³ при погрешности $\pm 40\%$, что соответствует примерно 0.01 г полной массы водного аэрозоля в теле плазмоида.

Итак, с помощью высокоскоростной видеокмеры было обнаружено, что при высоковольтном (5.5 кВ) разряде над водной поверхностью в системе, в которой один электрод погружён в воду, а другой, изолированный, на несколько миллиметров выступает из воды, образуется шарообразный плазмоид, в эволюции которого выделяются, по крайней мере, три этапа. На первом, длящемся 0.5–1 мс, на поверхности воды развиваются стримеры. На втором, длящемся примерно 100 мс, происходит разряд тока и формируется ярко светящийся шарообразный плазмоид с плазменной ножкой. На третьем этапе плазмоид развивается без подпитки внешней энергией, медленно



Рис. 7. Типичный фрагмент видеокadre наблюдения аэрозольных частиц с помощью горизонтального микроскопа

всплывает вверх и через 0.5–0.6 с перестаёт ярко светиться.

Показано, что при прохождении лазерного пучка через плазмоид отчётливо наблюдается рассеяние лазерного излучения на аэрозольных частицах разного размера.

Установлено, что внутренность плазмоида заполнена водным аэрозолем, содержащим две фракции — одна состоит из частиц субмиллиметрового диапазона, другая содержит среднedisперсный аэрозоль.

Наличие водного аэрозоля указывает на важную роль парообразования и диспергирования воды вблизи и на поверхности внутреннего электрода в момент краткого, но интенсивного разряда, а также на конденсационные процессы внутри шарообразного плазмоида. Возможно, наличие большого количества водного аэрозоля свойственно и природным шаровым молниям, что должно являться следствием генерации достаточно большого количества водяного пара, который, вероятно, также образуется при ударе обычной молнии в обводнённую поверхность.

Природа свечения плазмоида в настоящем исследовании не изучалась. Однако можно предположить, что в силу использованной полярности электрического разряда на втором этапе эволюции плазмоида на внутреннем электроде происходит импульсный электролиз воды с образованием перегретого молекулярного водорода, заполняющего светящийся шар, с большим количеством водного аэрозоля. При этом достаточно длительное свечение плазмоида может быть обусловлено радикальными процессами окисления водорода кислородом воздуха, скорость которого заторможена ингибированием частицами образованного водного аэрозоля и, возможно, необходимостью проникновения кислорода воздуха внутрь плазмоида через ограничивающую сферу. Наглядным подтверждением наличия упомянутого процесса окисления служит моменталь-

ное исчезновение свечения при контакте плазмоида с металлической поверхностью (например, алюминиевой или никелевой фольгой), служащей катализатором окисления водорода, с термическим прожиганием фольги. В то же время контакт плазмоида с немаetalлическим предметом, (например, сухой бумагой) практически не влияет на его эволюцию [Юданов В.Ф., Мартянов О.Н., Пармон В.Н. 1995, неопубликованное сообщение]. Дополнительным свидетельством в пользу ингибированного окисления водорода служит изменение цвета свечения плазмоида с белого при использовании воды с малым количеством растворённых солей на, например, жёлтый при нанесении на поверхность внутреннего электрода поваренной соли (изменение обусловлено электронным возбуждением ионов натрия).

Авторы статьи выражают надежду, что полученные результаты позволят продвинуться в дальнейшем понимании процессов, происходящих при образовании не только плазмоидов, но и природных шаровых молний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шабанов Г.Д. О возможности создания природной шаровой молнии импульсным разрядом нового вида в лабораторных условиях // Успехи физических наук. 2019. № 1. С. 95–111.
2. Барри Дж. Шаровая молния и чёткая молния. М.: Мир, 1983.
3. Смирнов Б.М. Проблема шаровой молнии. М.: Наука, 1988.
4. Bychkov V.L., Nikitin A.I. Ball Lightning. A New Step in Understanding. Chapter 4 // The Atmosphere and Ionosphere. Elementary Processes, Monitoring and Ball Lightning / Eds. V. Bychkov., G. Golubkov., A. Nikitin. Heidelberg: Springer, 2014.
5. Voerner H. Ball Lightning. A Popular Guide to a Long-standing Mystery in Atmospheric Electricity. Springer, 2019.
6. Zhao S., Yuan C., Кудрявцев А.А. и др. Исследование динамики формирования плазмоидов в гатчинском разряде // Журнал технической физики. 2021. № 7. С. 1108–1123.
7. Hayashi N., Satomi H., Mohri T. et al. General nature of luminous body transition produced by pulsed discharge on an electrolyte solution in the atmosphere // IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering. 2009. V. 4. Is. 5. P. 674–676. <https://doi.org/10.1002/tee.20460>
8. Sakawa Y., Sugiyama K., Tanabe T., More R. Fireball Generation in a Water Discharge // Plasma and Fusion Research. 2006. V. 1. № 039. P. 1–2. <https://doi.org/10.1585/pfr.1.039>
9. Fantz U., Friedl R., Briefi S. Correlation of size, velocity, and autonomous phase of a plasmoid in atmosphere with the dissipated energy // Journal of applied physics. 2015. V. 117. 173301. P. 1–9.
10. Friday D.M., Broughton P.B., Lee T.A. et al. Further Insight into the Nature of Ball-Lightning-Like Atmospheric Pressure Plasmoids // The Journal of Physical Chemistry A. 2013. V. 117. Is. 39. P. 9931–9940. <https://doi.org/10.1021/jp400001y>
11. Stephan K.D., Dumas S., Komala-Noor L., McMinn J. Initiation, growth and plasma characteristics of ‘Gatchina’ water plasmoids // Plasma Sources Sci. Technol. 2013. V. 22. 025018. P. 1–10.
12. Stelmashuk V., Hoffer P. Experimental Study of a Long-Living Plasmoid Using High-Speed Filming // IEEE Transaction on Plasma Science. 2017. V. 45. № 12. P. 3160–3165.
13. Егоров А.И., Степанов С.И., Шабанов Г.Д. Демонстрация шаровой молнии в лаборатории // УФН. 2004. № 1. С. 107–109.
14. Steinhoff M. Ball Lightning. An Unsolved Problem in Atmospheric Physics. New York: Kluwer Academic Publishers, 2002.
15. Ахметов Д.Г. Вихревые кольца. Новосибирск: Академическое издательство “Гео”, 2007.
16. Степанов С.И. Ультразвуковое зондирование плазмоида // Журнал технической физики. 2014. Вып. 1. С. 109–114.
17. Бычков В.Л., Анпилов С.В., Савенкова Н.П. Газодинамическое моделирование “плазмоида”, созданного гатчинским разрядом // Химическая физика. 2014. № 2. С. 58–63.
18. Bychkov V.L., Anpilov S.V., Savenkova N.P. et al. On modeling of “plasmoid” created by electric discharge // Journal of Physics: Conference Series. 2018. V. 996. 012012. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/996/1/012012>

МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫМИ БИОРЕСУРСАМИ

© 2023 г. А. Н. Макоедов^{a,b,*}, Г. Г. Матишов^{a,b,**}, Е. Н. Пономарёва^{a,b,***}

^aДонской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

^bЮжный научный центр РАН, Ростов-на-Дону, Россия

*E-mail: tomak06@mail.ru

**E-mail: matishov_ssc-ras@ssc-ras.ru

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

Поступила в редакцию 09.06.2022 г.

После доработки 25.07.2022 г.

Принята к публикации 16.09.2022 г.

В статье рассмотрены мировые тенденции пользования водными биоресурсами в 1950–2020 гг. Численность и биомасса большинства видов гидробионтов, определяющих показатели современного рыболовства, находятся в исторических пределах свойственной им естественной межгодовой и многолетней динамики. По мнению авторов, ресурсный потенциал Мирового океана вполне позволяет рассчитывать на увеличение объёмов добычи водных биоресурсов. Повышенное внимание к аквакультуре обусловлено не состоянием запасов традиционных объектов промысла, а экономическими преимуществами товарного выращивания гидробионтов по сравнению с рыболовством. Прежде всего это касается районов наиболее массового скопления населения Земли. Опыт Китая и стран Юго-Восточной Азии следует воспринимать исключительно в контексте политических, экономических, демографических и прочих условий, характерных для данного региона. Копирование такого опыта в России вряд ли возможно. В обозримой перспективе приоритетом для нашей страны, располагающей весомыми научными достижениями и практическими наработками в области рыбоводства, по-видимому, будет оставаться рыболовство.

Ключевые слова: водные биоресурсы, рыболовство, аквакультура, ресурсный потенциал Мирового океана.

DOI: 10.31857/S086958732301005X, EDN: EMZMRD

Пользование водными биоресурсами подразумевает деятельность человека (рыболовство и рыбоводство), направленную на получение пищевой и технической продукции из гидробионтов. Поскольку водные биоресурсы возобновляемы, их запасы при умелом управлении практически неисчерпаемы. Россия, обладающая высоким рыбопромысловым потенциалом водных объектов, следуя своей рыбохозяйственной политике [1],

заинтересована в дальнейшем совершенствовании механизмов государственного управления водными биоресурсами. Для успешного решения задач отечественного рыбного хозяйства полезно осмысление мировых тенденций пользования водными биоресурсами, изучение и соотнесение с российскими реалиями опыта стран, достигших наибольших успехов в данной сфере.



МАКОЕДОВ Анатолий Николаевич – доктор биологических наук, профессор кафедры технических средств аквакультуры ДГТУ. МАТИШОВ Геннадий Григорьевич – академик РАН, научный руководитель ЮНЦ РАН. ПОНОМАРЁВА Елена Николаевна – доктор биологических наук, заведующая отделом водных биологических ресурсов бассейнов южных морей ЮНЦ РАН.

История и особенности мировой практики использования богатств Мирового океана привлекают всё больше внимания исследователей. Счёт научных публикаций по данной тематике за последние годы идёт на сотни. Нередко авторы предлагают почти однотипные заключения о современном состоянии морских экосистем и возможных перспективах развития рыболовства. Основное содержание большинства таких заключений можно свести к следующим тезисам:

- ресурсный потенциал Мирового океана истощён, и поэтому не следует рассчитывать на увеличение продукции рыболовства (именно по этой причине объёмы вылова последние 30–40 лет практически не меняются);

- запасы большинства видов гидробионтов, определяющих показатели современного рыболовства, находятся в напряжённом состоянии, и промысловую нагрузку на них следует сокращать (нередко до полного запрета добычи);

- рыболовство оказывает чуть ли не самое мощное негативное воздействие на водные экосистемы, люди должны уступить своё право пользования водными биоресурсами естественного происхождения другим потребителям (хищным рыбам, морским млекопитающим, морским птицам и т.п.);

- угнетённое состояние ресурсного потенциала Мирового океана вынуждает искать альтернативу рыболовству: в этой роли рассматривают аквакультуру, считая её перспективы почти безграничными, продукция массовой аквакультуры по своим свойствам не уступает продукции рыболовства;

- следует всячески поощрять стремление рыбодобывающих стран (особенно экономически развитых) к сокращению рыболовной активности и замещению её продукции на своих рынках аквакультурой;

- опыт лидеров мировой аквакультуры (прежде всего Китая и стран Юго-Восточной Азии) следует копировать и тиражировать.

Отметим, что общий фон для появления и популяризации именно таких алгоритмов направленно и последовательно формируют различные международные организации¹.

¹ Конвенция о сохранении морских живых ресурсов Антарктики (1980); Конвенция ООН по морскому праву (1982); Декларация конференции ООН по окружающей среде и развитию (1992); Соглашение об осуществлении положений Конвенции ООН по морскому праву от 10 декабря 1982 г. (1995); Соглашение о трансграничных рыбных запасах (1995); Кодекс ведения ответственного рыболовства (1995); Рейкьявская декларация по ответственному рыболовству в морской экосистеме (2001); Соглашение по рыболовству в южной части Индийского океана (2006); Конвенция о сохранении промысловых ресурсов в открытом море южной части Тихого океана и управлении ими (2009); Конвенция о сохранении и управлении рыбными ресурсами в открытом море северной части Тихого океана (2012); Итоговый документ Конференции ООН по устойчивому развитию (2012) и др. [2, 3].

Принимая во внимание опубликованные данные, отражающие основные мировые тенденции пользования водными биоресурсами, рассмотрим, насколько правомерны подобные заключения. При этом желательно понимать и учитывать интересы (в первую очередь геополитические) и возможности (в частности демографические) России. Цель нашей работы — с учётом биологических и экономических аспектов охарактеризовать основные мировые тенденции пользования водными биологическими ресурсами с 1950 по 2020 г.

В рамках обозначенной целевой установки мы постараемся прояснить два основных вопроса. Во-первых, существуют ли потенциальные возможности для дальнейшего увеличения продукции рыболовства, более-менее сопоставимого с уже достигнутыми показателями? Во-вторых, следует ли рассматривать рыбоводство как альтернативу рыболовству — неизбежный и единственный вариант дальнейшего развития пользования водными биоресурсами?

Ежегодные уловы водных биоресурсов, учтённые рыбохозяйственной статистикой, последние 35–40 лет составляют 80–100 млн т [4, 5]. В 1950–1960-х годах объёмы добычи возросли с 20 до 60 млн т, а за последующие 60 лет — лишь в 1.5 раза (рис. 1). Состав мировых уловов длительное время остаётся стабильным: костные рыбы — 85%, ракообразные и моллюски — 7%, прочие беспозвоночные — 1%. До 1950-х годов основу мирового вылова формировал Атлантический океан. Со второй половины XX в. промысел в большей степени осуществляют в Тихом океане. Именно он почти на 99% определяет показатели лидера мирового рыболовства — Китая. В новом столетии распределение океанических уловов особо не изменилось. В Атлантическом океане, с которым дольше всего связана рыбопромысловая деятельность человека, объёмы вылова за последние 35–40 лет особо не изменились. В восточной оконечности центральной части океана добыча даже увеличилась с 3.2 до 5.5 млн т.

Более половины общемирового вылова обеспечивает Азия, Северная и Южная Америка — около 20%, Европа — 16%, Африка — чуть более 10%. Не менее 50 лет в мировом рыболовстве существовала устойчивая группа лидеров, в которую традиционно входили Россия (СССР), Япония, Перу, Китай, США, Чили и Норвегия (рис. 2). В 1960–1980-е годы с большим отрывом (прежде всего за счёт океанического рыболовства) шли СССР и Япония. Показатели Перу не были связаны с промыслом на значительном удалении от собственных берегов. На рубеже XX–XXI вв. группу лидеров дополнили Индонезия, Индия и Вьетнам. Изменились и позиции стран. Чемпионом мирового рыболовства начиная с 1990-х го-



Рис. 1. Мировая добыча водных биоресурсов (включая водоросли)

дов стал Китай, где в настоящее время вылавливают почти в 2 раза больше водных биоресурсов, чем в идущей следом Индонезии. Кардинально снизила рыбопромысловую активность Япония, добывавшая в 1980-е годы около 11 млн т водных биоресурсов (сейчас немногим более 3 млн т).

После 1980–1990-х годов в мировом рыболовстве всё заметнее проявлялась тенденция [1, 6], следуя которой, экономически развитые страны сокращали объёмы вылова (Япония, Дания, Республика Корея, Испания, Германия), либо не увеличивали их (США, Норвегия, Великобритания, Нидерланды). Развивающиеся страны (Китай², Индонезия, Индия), напротив, наращивали уловы промысловых объектов. По-видимому, в определённой степени это связано с перемещением капиталов и районов производств транснациональных рыбопромышленных компаний.

К концу XX в. сформировались предпосылки для глобальной стагнации мирового рыболовства. С одной стороны, после распада СССР утратила актуальность задача (требовавшая очень высоких издержек) демонстрации в Мировом океане флагов стран, относящихся к разным

² Вряд ли современный Китай, вызывающий много нареканий у международных организаций своими подходами к ведению промысла, корректно относить к развивающимся странам. Показатели китайского рыболовства стали последовательно уменьшаться. Судя по материалам СМИ, новый пятилетний план развития КНР, принятый в 2021 г., предполагает дальнейшее снижение рыболовной активности.

политико-экономическим системам. Дальнейшее наращивание объёмов вылова предполагало увеличение современного высокоэффективного крупнотоннажного флота. Проектировать, строить и эксплуатировать такие суда могли только экономически развитые страны, переставшие связывать свои дальнейшие перспективы с ростом рыбопромысловой активности. Менее развитые страны обеспечить новый импульс увеличению показателей мирового вылова не могли, поскольку широкомасштабное океаническое рыболовство требует не только больших затрат, но и соответствующего технического обеспечения и квалифицированного персонала. Кроме того, оно часто бывает сопряжено с решением других задач, среди которых добыча водных биоресурсов не всегда главенствует³.

Хотя запасы гидробионтов, обеспечивавших суммарные уловы в последние 30–40 лет, продолжали быть относительно стабильными, сильно изменилось восприятие результатов научных исследований, характеризующих состояние этих запасов. То, что ранее считали обычной практикой рыбохозяйственной деятельности, теперь трактуют как угрозу подрыва экосистем Мирового океана. В 1995 г. Продовольственная и сельскохозяй-

³ В последнее время, по-видимому, с учётом соответствующего опыта СССР [1], в Китае растёт понимание значения рыбопромыслового флота для решения военных задач. См., например, <https://regnum.ru/news/polit/2543764.html> (дата обращения 02.05.2022).

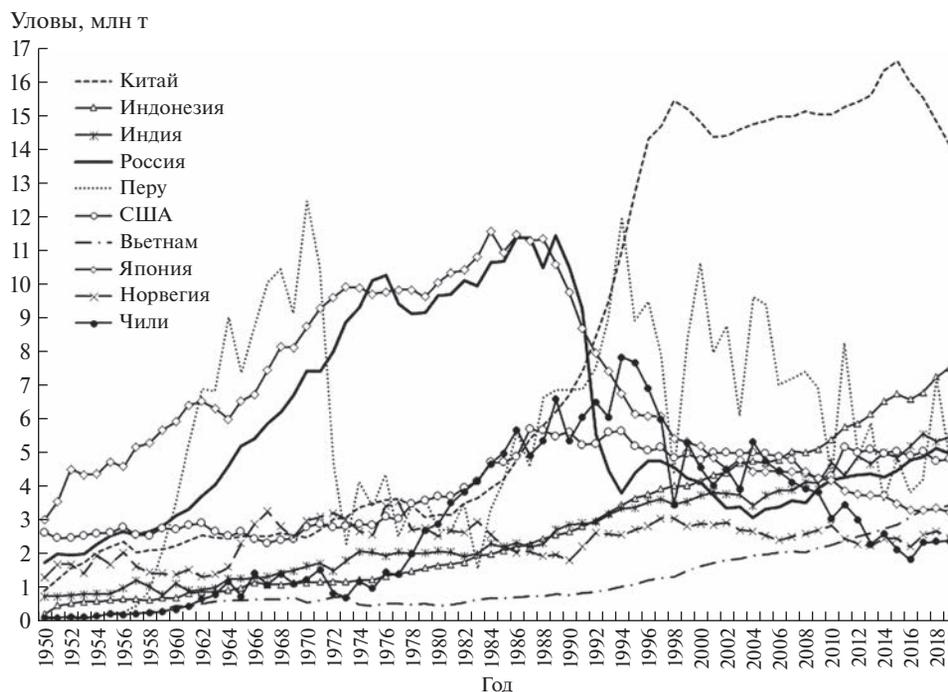


Рис. 2. Уловы ведущих рыболовных стран

ственная организация ООН (ФАО ООН) приняла Кодекс ведения ответственного рыболовства. Не будучи юридически обязательным документом, он играет важную роль в управлении рыболовством. Несмотря на добровольность кодекса, по мнению Комитета по рыболовству ФАО, каждый, занимающийся рыболовством и аквакультурой, обязан придерживаться установленных принципов и целей, принимать практические меры по их осуществлению [7]. Кодекс тесно связан с предосторожным и экосистемным подходами к управлению рыболовством.

Предосторожный подход трактуют как метод, позволяющий осуществлять рациональное рыболовство в условиях низкого качества и/или неполноты доступной информации (то есть в условиях неопределённости). Он базируется на ряде принципов. В частности, на пользователей ресурсов возлагается ответственность за доказательство того, что данный промысел не приведёт (или вероятность этого очень мала) к значительному или невозполнимому ущербу для запасов. Предусмотрено также принятие заранее согласованных мер для предотвращения или минимизации ущерба, даже когда отсутствие научных данных не позволяет предсказать вероятность возникновения нежелательного события или возможные размеры ожидаемого вреда. Потребность в предупредительных (предосторожных) мерах должна возрастать как с величиной потенциального ущерба, так и с уровнем неопределённости [2]. Следуя такому подходу к рыболовству, сопровож-

даемому весьма неоднозначными формулировками (особенно юридическими) самих принципов, можно столкнуться с размытостью информации о состоянии ресурсов. Стремление к устранению неопределённости, что вряд ли возможно в принципе, неизбежно приведёт к тому, что стоимость ресурсных исследований превысит стоимость уловов.

Нормативное содержание *экосистемного подхода* заключается в том, что государства в процессе принятия решений об использовании какого-либо природного ресурса должны руководствоваться требованиями, основанными на предупреждении и недопущении причинения вреда другим природным ресурсам, объектам и окружающей среде в целом [3]. В практическом плане это фактически означает появление дилеммы: будет ли человечество наращивать промысел гидробионтов для своих нужд или же оставит их потребителям, находящимся внутри самих водных экосистем (китам, птицам, хищным рыбам)?

Во многих районах Мирового океана промысел регулируют профильные международные комиссии и организации, деятельность которых весьма политизирована. Представители различных государств (прежде всего “Большой семёрки”) нередко преследуют цели, весьма опосредованно связанные с формированием моделей эффективного пользования водными биоресурсами и практическим воплощением таких моделей. Иногда это происходит даже вопреки интересам и

многовековым традициям народов собственных стран. Наиболее ярким примером служит история пользования морскими млекопитающими в Японии, США, Норвегии, Исландии, Дании и некоторых других странах. Выступающие под привлекательными лозунгами защиты окружающей среды, располагающие большими финансовыми возможностями и обладающие значительным политическим влиянием международные объединения всё жёстче проводят решения, направленные на кардинальное сокращение рыбопромысловой деятельности (фактически блокирование присутствия нежелательных государственных флагов) в Мировом океане.

Рыболовство, как и иные виды деятельности, влияет на состояние водных сообществ, но это влияние, при соблюдении научно обоснованных мер регулирования, вряд ли критичнее других проявлений антропогенного воздействия (гидростроительство, испытание различных видов оружия, добыча углеводородов, судоходство, общее загрязнение, захоронение токсичных отходов и т.п.). По мнению экспертов ФАО ООН, общее состояние рыбных запасов в Мировом океане имеет тенденцию к ухудшению [4]. Биологически устойчивые запасы обеспечивают около 80% улова. За 1974–2017 гг. доля запасов с признаками перелова увеличилась почти в 3.5 раза (с 10 до 34%); с устойчивым и максимально устойчивым выловом незначительно возросла (с 50 до 60%); с признаками недолова уменьшилась примерно в 6 раз (с 38 до 6%). Подобные заключения противоречат логике, поскольку за рассматриваемый период, как отмечено теми же экспертами ФАО, общемировые уловы не сократились, а новые виды с высокой общей биомассой в промысел вовлечены не были.

Тем не менее во второй половине 2000-х – середине 2010-х годов исследователи отмечали сокращение объёмов вылова некоторых массовых видов рыб. Сложилось впечатление, что наблюдаемые тенденции необратимы [1, 8]. Однако довольно скоро запасы вернулись к среднему историческому уровню, и уже в 2018 г. уловы этой группы рыб превысили 28 млн т. Состояние запасов 60 наиболее значимых для мирового рыболовства животных в 2015–2019 гг. находилось в пределах естественной межгодовой изменчивости, а их суммарная добыча составляла от 44.5 до 50.3 млн т [4, 5].

Конечно же, в истории рыболовства встречаются исключительные ситуации, связанные с полной утратой промысловой значимости гидробионтов. Печальным примером могут служить осетровые рыбы южных морей России. Однако причины деградации их запасов обусловлены не столько промыслом (даже включая браконьерский), сколько утратой естественных районов не-

реста из-за гидростроительства на реках и последующими ошибками при попытках искусственного воспроизводства [9]. Известны случаи значительного сокращения запасов водных биоресурсов (крабы, камбалы, палтусы, киты, тюлени) из-за чрезмерной промысловой нагрузки в дальневосточных морях России. Но после принятия регулирующих и охранных мер в большинстве случаев биомасса и численность гидробионтов восстанавливались [10–12].

Массовым объектам промысла присущи значительные флуктуации численности, происходящие с цикличностью от 30–40 до 100–110 лет [13]. Сокращение запасов в определённые исторические периоды нередко вызывает драматизацию ситуации и громкие заявления о кризисе экосистем, перелове и прочем негативном антропогенном воздействии. Более пристальное и менее предвзятое изучение подобных случаев, как правило, показывает, что количественные параметры таких видов не выходят за исторические пределы свойственной им естественной межгодовой и многолетней динамики [10–12]. Приведём несколько примеров.

У сардины иваси (*Sardinops melanostictus*), общие уловы которой в 1980-х годах составляли 4–4.5 млн т, различия между нижними и верхними пределами численности и биомассы могут достигать трёх порядков. Высокий уровень сопровождается увеличением площади нагульных ареалов и протяжённости миграционных путей. Соответственно, при низкой численности происходят обратные процессы, и этот вид длительное время может даже не встречаться в российской экономической зоне [14].

В последние годы международные рыболовные объединения, рассматривая прогнозные оценки состояния запасов гидробионтов, главенствующую роль отводят математическому моделированию. Нередко исходные базы данных, привлекаемые для построения моделей, и их содержание у разных исследователей существенно отличаются, что в итоге сказывается на прогнозных ориентирах. Например, в 2010 г. на одном из обсуждений состояния запасов перуанской ставриды (*Trachurus murphyi*), уловы которой в 1980–1990-е годы приближались к 5 млн т, а нерестовая биомасса к 14 млн т, учёные разных стран представили к рассмотрению около 50 математических моделей, отражающих практически все теоретически возможные варианты оценок состояния запасов и их дальнейшего развития: от высокой численности до полной утраты промысловой значимости объекта. Несколько позже решили, что в 2008–2012 гг. нерестовая биомасса находилась на минимальном уровне (1.2–2.4 млн т) за период с 1970 по 2018 г. После установления стандартных мер регулирования (значительное

снижение общего допустимого улова) уже к 2019 г. нерестовая биомасса превысила средние исторические значения, достигнув 4.5–7 млн т [15–17].

Динамика уловов рыб из группы наиболее массовых промысловых видов за период с 1950 по 2020 г. демонстрирует существенные изменения объёмов вылова. При этом амплитуды у разных видов асинхронны и видоспецифичны. В различные периоды даже менялись виды-лидеры мирового рыболовства (перуанский анчоус – минтай). В XXI в. добыча перуанского анчоуса, минтая и горбуши обычно выше среднего уровня. Уловы атлантической сельди и трески, добываемой в Восточной Атлантике, – ниже среднего.

Несмотря на то, что фактические объёмы вылова довольно долго сохраняют стабильность, потенциал дальнейшего развития рыболовства вряд ли можно считать исчерпанным. Как свидетельствует практика отечественного рыболовства, промышленность далеко не в полной мере осваивает научно обоснованные рекомендации по вылову [18]. “Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса на период до 2030 года” (далее – стратегия), утверждённая распоряжением Правительства РФ от 26.11.2019 г. № 2798-р, ориентирует рыбаков на увеличение вылова сардины иваси и тихоокеанской скумбрии до 650 тыс. т, азовской и черноморской хамсы, тюльки, шпрот – до 70 тыс. т, каспийских килек и каспийских сельдей – более 100 тыс. т, антарктического криля – до 450 тыс. т, тунцов – до 60 тыс. т. В целом, как следует из данного правительственного документа, отечественное рыболовство может рассчитывать на увеличение объёма вылова до 1 млн т.

Согласно стратегии, запасы главных промысловых видов отечественного рыболовства находятся в устойчивом состоянии. При этом интенсивность эксплуатации биомассы по основным объектам, в отношении которых устанавливается общий допустимый улов, не превышает предельного уровня. Большая часть осваиваемых водных биоресурсов имеет научно обоснованную высокую оценку устойчивости запасов. Отмечено, что по отдельным видам запасы подвержены циклическому колебанию ввиду естественных биологических причин.

Потенциал роста общемирового рыболовства также вряд ли исчерпан. В этой связи П.А. Моисеев полагал, что “особенно большие возможности по многократному увеличению современных объёмов общего вылова имеются при развёртывании специализированного лова таких массовых объектов низкого трофического уровня, как антарктический криль, мезопелагические рыбы и кальмары” [13, с. 177, 178]. Аналогичного мнения придерживаются и современные исследователи [19–23]. Препятствием пока выступают высокие издержки для организации широкомасштабного

промысла, слабое развитие необходимой техники лова и технологий переработки, низкая востребованность продукции на мировом рынке. Кроме того, весьма активны сторонники запрета рыбохозяйственной деятельности в прилегающих акваториях Антарктиды и других районах Мирового океана, где сконцентрированы основные запасы упомянутых объектов.

Увеличение вылова возможно не только за счёт расширения диапазона промысловых объектов. Значительную прибавку может обеспечить частичное регулирование естественной смертности традиционных промысловых гидробионтов посредством воздействия на их потребителей. Существенную конкуренцию рыбакам составляют морские млекопитающие, выедающие ежегодно 250–430 млн т гидробионтов, в основном представляющих промысловый интерес [1, 13]. Несмотря на это, регулирование численности морских млекопитающих почти не обсуждают.

Оценки потенциальной промысловой продукции Мирового океана могут быть соотнесены со следующими показателями:

- общая биомасса и ежегодная продукция гидробионтов;
- теоретически возможный общий объём изъятия гидробионтов;
- общий объём разведанных запасов водных биологических ресурсов;
- потенциально доступные для промыслового использования запасы;
- востребованные промыслом запасы;
- фактический вылов.

С позиций современного рыболовства чаще всего учитывают последние три показателя. Рассматривая ресурсный потенциал Мирового океана, исследователи ориентируются прежде всего на оценки биомассы и продукции животных, более того – традиционных объектов рыболовства. Однако теоретически все живые организмы, обитающие в Мировом океане, можно рассматривать с утилитарной точки зрения.

По всей видимости, торможение поступательного развития рыболовства (и, соответственно, дальнейшее наращивание объёмов добычи гидробионтов), начавшееся со второй половины 1980-х годов, было обусловлено не состоянием ресурсного потенциала, а иными причинами, обсуждение которых выходит за рамки настоящей работы. (В данном случае напрашивается аналогия с известной поговоркой о том, что каменный век закончился не по причине отсутствия каменной. С того же времени на фоне стабилизации общих уловов производимая аквакультурная продукция (включая водоросли) выросла почти в 10 раз и в 2013 г. впервые превысила показатели рыболовства (см. рис. 1). В 2019 г. объёмы товар-

ного выращивания гидробионтов составили более 120 млн т, из которых около 35 млн т пришлось на водоросли [4]. Значительно расширился видовой ассортимент: в 1950-е годы культивировали около 80 объектов, в 2000-е годы – более 350 [24].

Незначительно изменяясь по годам, доля костных рыб обычно составляет около 50% мировой аквакультуры, водорослей – около 30%, моллюсков – около 15%, ракообразных – менее 10%. Без учёта водорослей на костных рыб приходится около 70%, на моллюсков – более 20%, на ракообразных – более 10%. Прочие водные животные в том и другом случае составляют около 1% [4]. При сопоставлении вклада отдельных видов и видовых групп в общий объём товарного выращивания лидируют водоросли. Азия обеспечивает около 90% производства мировой аквакультуры без водорослей (а с ними ещё больше). На Европу, Америку и Африку приходится по 3–4%. Вклад Океании незначителен. Доля аквакультуры в общей добыче водных биоресурсов составляет в Азии (без Китая) более 40%, в Африке, Европе, Америке и Океании – от 13 до 18%.

Китай с величиной товарного производства гидробионтов около 70 млн т (примерно 75% общей добычи водных биоресурсов страны) более чем в 4 раза превосходит Индонезию (второе место) и почти в 9 раз – Индию (третье место). Поскольку именно Китай фактически определяет основные тренды развития мировой аквакультуры, кратко обозначим составляющие и предпосылки достигнутого им успеха [25, 26]. Бытует мнение, что до 1980 г. страна не уделяла аквакультуре особого внимания. В действительности это не так. Опираясь на многовековой опыт культивирования гидробионтов, прежде всего карповых рыб, Китай уже к началу 1960-х годов был лидером мировой аквакультуры. К концу 1970-х годов преимущество в этой сфере стало подавляющим. В основе современных достижений китайской аквакультуры лежит мощнейший задел, сформировавшийся многими поколениями рыбоводов. Здесь сконцентрирован тысячелетний опыт, связанный с жизненным укладом и традициями нации. Не следует забывать китайское трудолюбие и культ профессионального совершенства. Особую роль в достижении нынешних показателей аквакультуры играли благоприятные природные и климатические условия. Одна из характерных особенностей китайской модели аквакультуры заключается в широком диапазоне выращиваемых объектов, подавляющая часть которых имеет невысокую стоимость. Противоположностью выступает норвежская модель: диапазон культивируемых объектов довольно ограничен, а их стоимость высока. Вся мировая аквакультура представляет собой различные сочетания этих двух моделей. Страны, добившиеся успехов, тиражи-

ровали технологии выращивания гидробионтов в другие регионы. Так, формирование чилийского и новозеландского лососеводства обусловлено участием в проектах норвежских специалистов. На развитие азиатской и африканской аквакультуры большое влияние оказывал и оказывает Китай.

Стоимость первоначальных продаж продукции рыболовства в 2018 г. составила 151 млрд долл. [4]. Среднемировая стоимость одной добытой тонны водных биоресурсов – 1.56 тыс. долл. Наибольшая средняя стоимость объектов рыболовства Норвегии (рис. 3) в отдельные годы достигала 1.9 тыс. долл./т. Российские уловы по стоимости устойчиво занимают второе место в мире среди наиболее развитых рыболовных держав. Китай с 2000 г. более чем в 3 раза увеличил среднюю стоимость добываемых объектов – почти до 1.45 тыс. долл.

Хорошо выражена обратная корреляция цены с объёмом добычи. Промысел Перу, занимающего в последние годы 2–5 места по вылову, в основном зависит от состояния запасов перуанского анчоуса, что определяет невысокую стоимость улова – 540–750 долл. Индия и Индонезия при значительном увеличении вылова демонстрируют низкие цены продаж – 400–700 долл./т. Производительность труда в лидирующих рыболовных странах [4, 27] можно оценить по данным, приведённым на рисунке 4. Там, где сосредоточено наибольшее количество флота (Китай, Индонезия, Япония, Индия и др.), показатели вылова на одно судно, стоимость уловов на одно судно и на одного занятого в рыболовстве наиболее низкие. В Китае при наличии более 730 тыс. единиц флота среднегодовой вылов на судно составляет около 19 т при общей стоимости около 28 тыс. долл. Ежегодный улов одного занятого в рыболовстве стоит менее 2.5 тыс. долл. Ещё ниже соответствующие показатели в Индонезии. Там на одно судно в среднем приходится около 12 т вылова стоимостью чуть более 5 тыс. долл. Каждый занятый в рыболовстве производит продукции на 1.2 тыс. долл. В Индии такой среднегодовой показатель не достигает и 500 долл. Азиатское рыболовство представляет собой типичный образец экстенсивного пользования водными биоресурсами с очень низкой производительностью труда.

Результативность совершенно иного рода демонстрируют страны, обладающие значительно меньшим рыбопромысловым флотом. Норвежский рыбак, обеспечивающий вылов стоимостью около 370 тыс. долл., в 150 раз экономичнее эффективнее китайского, а российский – в 50 раз. Вылов (3.2 тыс. т) и его стоимость (4.8 млн долл.) одного среднестатистического российского судна – самые высокие среди лидеров мирового рыболовства.

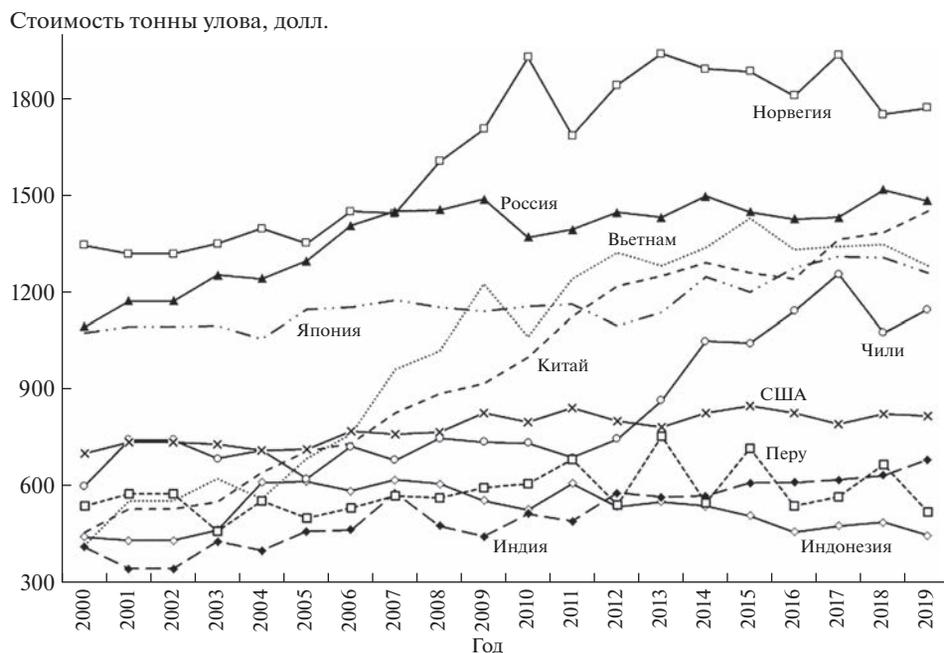


Рис. 3. Стоимость одной тонны улова

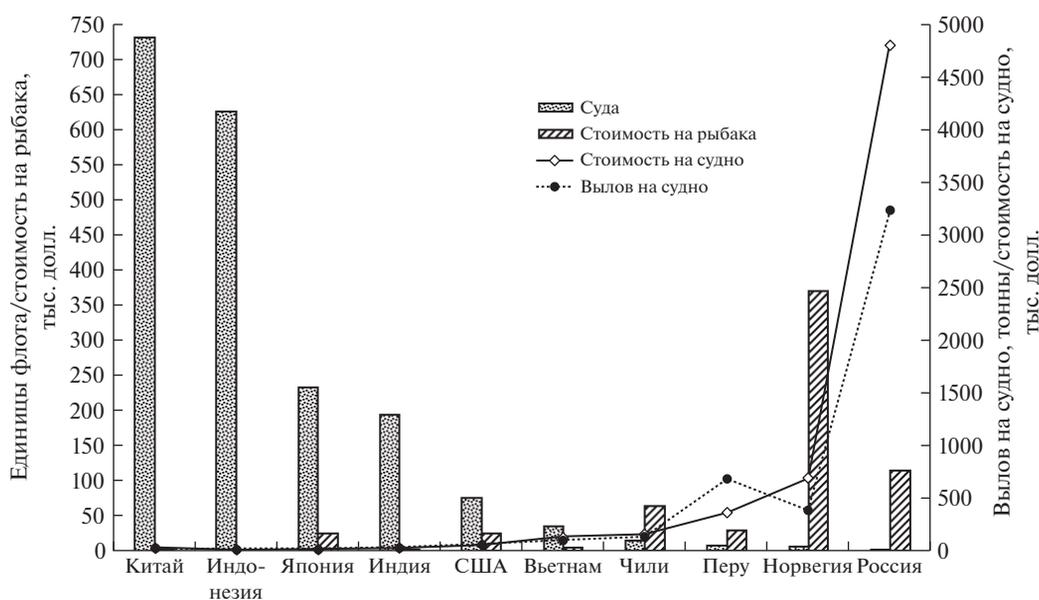


Рис. 4. Количество судов, вылов на одно судно, стоимость улова на одно судно и стоимость улова на одного занятого в рыболовстве, 2018–2019 гг.

Стоимость первоначальных продаж мировой продукции аквакультуры в 2018 г. оценена в 250 млрд долл. [4]. В среднем тонна водных биоресурсов стоила 3.05 тыс. долл. Китай от продаж выращенных гидробионтов выручил в 2019 г. более 160 млрд долл. (2.35 тыс. долл./т), Индонезия – 14.6 млрд долл. (0.92 тыс. долл./т). Некоторые экономические параметры аквакультуры других

стран, занимающих лидирующие позиции в мире и (или) на континентах по состоянию на 2018–2019 гг., отражает рисунок 5. Средняя стоимость тонны продукции наглядно демонстрирует отличие стран с разной политикой в аквакультуре. В первой группе производителей (Индонезия, Филиппины, Республика Корея, Индия, Египет, Китай, Бангладеш, США, Вьетнам и др.) преоб-

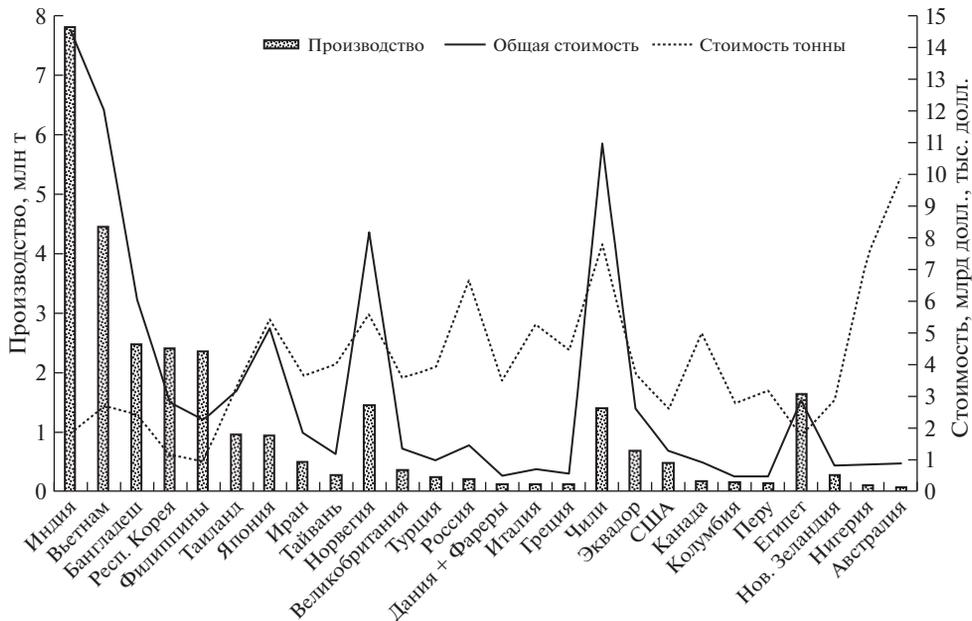


Рис. 5. Аквакультура: производство (млн т), стоимость продукции (млрд долл.), стоимость одной тонны (тыс. долл.)

ладают относительно дешёвые объекты товарного выращивания (водоросли, карповые рыбы), стоимость тонны которых ниже среднемировых значений. Во второй группе (Австралия, Новая Зеландия, Чили, Великобритания, Норвегия, Япония, Дания, Канада, Турция и др.) делается упор на дорогие объекты (лобстеры, устрицы, лососи, сибас, дорадо), стоимость тонны которых превышает среднемировые значения.

В одних и тех же странах средняя цена за тонну аквакультурной продукции обычно в 1.5–7 раз превышает показатели рыболовства. Более высокая относительная стоимость искусственно выращенных гидробионтов в значительной мере обусловлена тем, что рыбоводы больше внимания уделяют ценным промысловым видам. Кроме того, продукция аквакультуры, как правило, доходит до розничного покупателя в более свежем виде, чем продукция рыболовства. Например, в Норвегии цена искусственно выращенной трески выше выловленной в море [28]⁴.

Рыболовство всегда обеспечивало занятость жителей рыбодобывающих стран. В первую очередь в производственную деятельность вовлекались жители прибрежных, обычно окраинных приморских территорий. С одной стороны, со-

временное рыболовство — высокотехнологичный и наукоёмкий сектор промышленного производства. Здесь задействованы самые современные суда, на которых трудятся высококвалифицированные специалисты, демонстрирующие отличную производительность труда. С другой стороны, в некоторых азиатских и африканских странах остались места, где труд рыбака за 100–200 лет почти не изменился, причём именно там проживает подавляющее большинство людей, связанных с рыбным промыслом — более 90%. Там же сконцентрирована основная масса рыбодобывающего флота, значительную часть которого составляют немоторные суда [4].

При довольно большом росте вылова на Азиатском континенте с начала XXI в. общее количество рыбаков увеличилось лишь на 10%. Правда, в абсолютных значениях прирост составил около 3 млн чел. — почти в 1.5 раза больше, чем всё население Дальневосточного федерального округа РФ до расширения его административных границ. Количество рыбаков в Африке увеличилось на 15% или на 1.8 млн человек, в США — на 24% (с 2 до 2.45 млн чел.), в Океании показатель почти не изменился — 45–47 тыс. чел., в Европе их количество сократилось на 50% — с 680 до 270 тыс. чел. [4]. Численность занятых в аквакультуре увеличивалась более динамично. На Азиатском континенте за тот же период рост составил около 60% (с 12.3 до 19.8 млн человек), в Африке — в 4 раза (с 100 до 390 тыс.), в Америке — на 50% (с 260 до 390 тыс.), в Европе — на 30% (со 100 до 130 тыс.), относительно высокий рост занятости произошёл в Океании — на 50% (однако в абсолютных цифрах это всего лишь 4 тыс. человек) [4].

⁴ В 1987–2000 гг. в Норвегии производили 5–169 т; в 2001–2015 гг. — 0.9–21.3 тыс. т; в 2016–2020 — 0.4–0.9 тыс. т. Похоже, норвежцы утратили интерес к товарному выращиванию трески, хотя в начале XXI в. Й. Крөг, заместитель министра рыболовства и представитель Норвегии в Смешанной российско-норвежской комиссии по рыболовству, на официальной встрече с участием одного из авторов статьи информировал о намерении к 2010–2015 гг. выйти на показатели 150 тыс. т садковой трески.

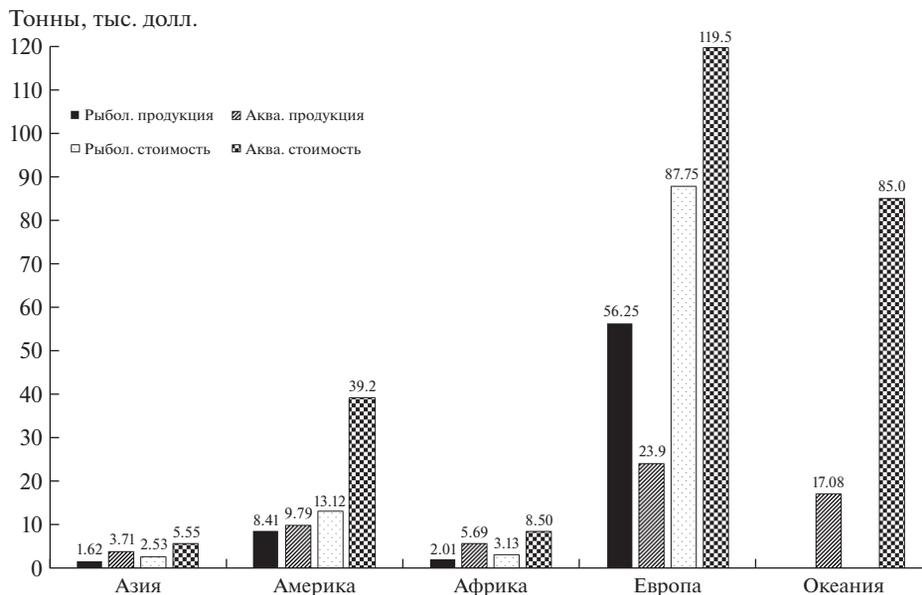


Рис. 6. Средняя производительность одного занятого в рыболовстве и аквакультуре

Техническая оснащённость определяет производительность труда занятых в рыболовстве (рис. 6). По среднегодовому производству продукции и выручке на одного человека лидирует рыболовство в Африке (2.8 и 1.5 раза), Азии (2.3 и 2.2 раза), Америке (1.2 и 3 раза). В Европе по производству продукции в 2.3 раза выигрывает рыболовство, зато по стоимости – аквакультура (в 1.4 раза). Не углубляясь в нюансы, можно заключить, что на всех континентах и в мире в целом по экономическим показателям аквакультура выглядит предпочтительнее рыболовства.

Товаропроизводители по-разному распоряжаются полученной пищевой продукцией. Среднемировые показатели экспорта составляют около 35%. Соответственно, 65% идёт на внутреннее потребление [4]. Рыбодобывающие страны с высокой покупательной способностью населения обычно направляют более дорогую продукцию на внутренний рынок, более дешёвую экспортируют [1, 6]. Страны с низкой покупательной способностью поступают наоборот. Некоторые государства, развивающие аквакультуру по китайской модели, пытаются наращивать долю более дорогих объектов культивирования. После превышения оптимальных объёмов производства спрос и рыночная стоимость гидробионтов могут резко падать [6]. Небогатому населению стран-производителей дорогая продукция недоступна. Возможности реализации в государствах с высокой покупательной способностью ограничивают жёсткие требования по качеству. Решение проблемы нашли в развитии массового иностранного туризма.

Весьма оригинальный вариант разработали и внедрили в Таиланде – стране с высокими достижениями в аквакультуре и огромными (до 38 млн чел.) туристическими потоками. Рыбные рестораны с широким ассортиментом выращенных на местных фермах экзотических гидробионтов умело привлекают отдыхающих. Очевиден расчёт на то, что большинство приезжих никогда прежде не пробовали подобные морепродукты естественного происхождения и не знают их настоящий вкус. Туристы с соответствующим опытом стараются избегать азиатских рыбных ресторанов. Немногим известно, что значительная часть внешне привлекательных креветок, рыб и прочих гидробионтов выращена на кормах с большим содержанием продуктов жизнедеятельности самих туристов. Как здесь не вспомнить фразу: мы – то, что мы едим. Для предотвращения возможных неприятных последствий потребления выращенных по упомянутым технологиям гидробионтов, состоятельным потребителям предлагают продукцию так называемой органической аквакультуры [29]. Стоимость этой продукции, составляющей немногие проценты выращенных гидробионтов, значительно выше.

С учётом изложенного выше, можно сделать следующие выводы. Численность и биомасса большинства видов гидробионтов, определяющих показатели мирового рыболовства, находятся в исторических пределах свойственной им естественной межгодовой и многолетней динамики. Для дальнейшей эффективной эксплуатации этих запасов достаточно соблюдения стандартных мер регулирования промысла. Ресурсный потенциал Мирового океана позволяет

рассчитывать на увеличение объёмов добычи водных биоресурсов.

На обозримую перспективу выбор магистральных направлений пользования водными биоресурсами предопределён в пользу аквакультуры, которую тем не менее не следует воспринимать как безусловную альтернативу рыболовству. Повышенное внимание к аквакультуре обусловлено не напряжённым состоянием ресурсного потенциала Мирового океана, а очевидными экономическими преимуществами товарного выращивания гидробионтов перед рыболовством, прежде всего в районах наиболее массового скопления населения – Юго-Восточной Азии и Африке. Широкое внедрение постоянно совершенствующихся научных разработок с недостаточно изученными последствиями для потребителя позволяет значительно понижать кормовой коэффициент гидробионтов, увеличивать скорость роста биомассы, наращивать плотность содержания культивируемых объектов, предотвращать возникновение эпизоотий и успешно лечить заболевания. Животные составляющие кормов всё больше заменяют компонентами растительного происхождения.

Увеличение объёмов товарной продукции из водных организмов позитивно влияет на количественные показатели обеспеченности населения Земли пищей. Иногда, правда, возникают вопросы касательно её полезности. Однако, выбирая между постоянной угрозой голода и дешёвой аквакультурной продукцией, как это происходит в большинстве стран – мировых лидерах по производству аквакультурной продукции, заострять внимание на качестве не принято.

Опыт Китая и стран Юго-Восточной Азии следует воспринимать исключительно в контексте политических, экономических, демографических и прочих условий, характерных для стран данного региона в период “аквакультурного бума”. Копирование такого опыта в России вряд ли целесообразно. Тем не менее рыболовные приоритеты нашей страны, с её научными достижениями и практическими наработками в области рыбоводства, в перспективе будут преобладать. Более детально рассмотрению отечественного опыта пользования водными биоресурсами мы планируем посвятить отдельную работу.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Публикация подготовлена в рамках реализации государственного задания ЮНЦ РАН № 122020100328-1.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Макоедов А.Н., Кожемяко О.Н.* Основы рыбохозяйственной политики. М.: Нацрыбресурс, 2007.

2. *Бекяшев Д.К.* Международно-правовой принцип предосторожного подхода в управлении рыболовством // Евразийский юридический журнал. 2016. № 2 (93). С. 44–50.
3. *Бекяшев Д.К.* Международно-правовой принцип экосистемного подхода в управлении рыболовством // Актуальные проблемы российского права. 2016. № 8 (69). С. 182–189.
4. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2020. Меры по повышению устойчивости. Рим: ФАО, 2020.
5. Мировые уловы рыбы и нерыбных объектов промысла 2015–2019 (по материалам ФАО). М.: ВНИРО, 2021.
6. *Макоедов А.Н.* Научные основы рыболовства. М.: Медиа-М, 2015.
7. *Бекяшев Д.К., Бекяшев К.А.* Кодекс ведения ответственного рыболовства и возможности его применения в Российской Федерации // Рыбное хозяйство. 2009. № 4. С. 57–62.
8. *Матишов Г.Г., Балыкин П.А., Пономарёва Е.Н.* Рыболовство и аквакультура России // Вестник РАН. 2012. № 1. С. 35–49; *Matishov G.G., Balykin P.A., Ponomareva E.N.* Russia's Fishing Industry and Aquaculture // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2012. № 1. P. 55–62.
9. *Алтухов Ю.П., Евсюков А.Н.* Перепроизводство молоди рыбоводными заводами как причина деградации волжского стада русского осетра // Доклады АН. 2001. № 2. С. 273–275.
10. *Шунтов В.П.* Биология дальневосточных морей России. Т. 1. Владивосток: ТИНРО-центр, 2001.
11. *Шунтов В.П.* Биология дальневосточных морей России. Т. 2. Владивосток: ТИНРО-центр, 2016.
12. *Шунтов В.П., Волвенко И.В.* К вопросу о перестройках в донных и придонных ихтиоценозах российских дальневосточных морей под влиянием промыслового пресса // Вопросы рыболовства. 2020. № 4. С. 359–378.
13. *Моисеев П.А.* Биологические ресурсы Мирового океана. М.: Агропромиздат, 1989.
14. *Филатов В.Н.* Миграции и формирование скоплений массовых пелагических гидробионтов (на примере тихоокеанской сайры). Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2015.
15. *Глубоков А.И., Глубоковский М.К.* Современное состояние запасов южнотихоокеанской ставриды *Trachurus murphyi* // Вопросы рыболовства. 2010. № 4. С. 632–643.
16. *Леонтьев С.Ю., Несин А.В., Павлов Ю.П.* К вопросу о состоянии запаса ставриды *Trachurus murphyi* в юго-восточной части Тихого океана // Вопросы рыболовства. 2010. № 4. С. 644–652.
17. *Глубоков А.И., Попова Н.Р., Глубоковский М.К.* Промысловые пелагические рыбы юго-восточной части Тихого океана: международное регулирование промысла и состояние запасов // Труды ВНИРО. 2018. Т. 174. С. 21–29.
18. *Антонов Н.П., Кловач Н.В., Орлов А.М. и др.* Рыболовство в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне в 2013 г. // Труды ВНИРО. 2016. Т. 160. С. 133–211.

19. Шуст К.В., Бизиков В.А. Изучение и промысловое освоение биологических ресурсов антарктических вод // Вопросы рыболовства. 2010. № 4 (44). С. 765–779.
20. Котенёв Б.Н., Кровнин А.С., Масленников В.В., Мордасова Н.В. О будущем состоянии популяций массовых гидробионтов в биопродуктивных районах Мирового океана // Труды ВНИРО. 2014. Т. 152. С. 209–248.
21. Петров А.Ф. О состоянии изученности биоресурсов Антарктики, их статусе и промысловом освоении // Известия ТИНРО. 2016. Т. 184. С. 41–53.
22. Бандурин К.В., Касаткина С.М. Развитие российских ресурсных исследований и промысла криля в Антарктике: проблемы и перспективы // Вопросы рыболовства. 2021. № 2. С. 20–26.
23. Колончин К.В., Серёгин С.Н., Горбунова М.А. Добыча антарктического криля: советский опыт и новые ориентиры развития с учётом международных соглашений // Пищевая промышленность. 2022. № 4. С. 28–33.
24. Шипулин С.В., Шабоянц Н.Г., Ходоревская Р.П. Совокупная продукция рыбного хозяйства: ретроспективный анализ и прогноз на будущее // Вестник Астраханского гос. тех. ун-та. Серия “Рыбное хозяйство”. 2012. № 1. С. 107–115.
25. Козлов В.И. Аквакультура в истории народов с древнейших времён. М.: Дмитровский филиал Астраханского ГТУ, 2002.
26. Курмазов А.А. Экономический рост и развитие рыболовства в Китае // Известия ТИНРО. 2007. Т. 148. С. 323–335.
27. FAO Yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2019. FAO. Rome, 2021. <https://doi.org/10.4060/cb7874t>
28. Зиланов В.К., Лука Г.И. Аквакультура Норвегии. Мурманск: ПИНРО, 2009.
29. Лагуткина Л.Ю., Пономарёв С.В. Органическая аквакультура как перспективное направление развития рыбохозяйственной отрасли // Сельскохозяйственная биология. 2018. № 2. С. 326–336.

**АКАДЕМИК М.И. РОСТОВЦЕВ О ВЗАИМООТНОШЕНИЯХ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ВЛАСТИ С НАУКОЙ
НЕИЗВЕСТНАЯ СТАТЬЯ 1917 г.**

© 2023 г. В. С. Соболев^{а,*}

^аСанкт-Петербургский филиал Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН,
Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: vlad_history@mail.ru

Поступила в редакцию 03.02.2023 г.

После доработки 06.02.2023 г.

Принята к публикации 14.02.2023 г.

Недавно в газете кадетской партии “Свободный народ” (Петроград) была обнаружена небольшая, незаслуженно забытая статья академика М.И. Ростовцева под заголовком “Новый строй и наука”. Она была опубликована в августе 1917 г. Её лейтмотив – только твёрдая государственная власть может гарантировать сохранение и развитие культуры и науки в России. Ослабление государства в результате мощных революционных потрясений, по мнению учёного, – главная опасность для научной жизни страны. Эта публикация интересна и сейчас, в трудный период реформирования науки и образования в современной России.

Ключевые слова: роль науки в обществе, власть и наука, академик М.И. Ростовцев, учёный и власть, эволюция взглядов, гражданская позиция.

DOI: 10.31857/S0869587323030118, EDN: SIPFUF

Жизнь, деятельность и научное наследие выдающегося историка античности, археолога, филолога-классика академика М.И. Ростовцева (1870–1952) много лет служат объектом тщательного исследования историков науки, и на этом поприще уже достигнуты впечатляющие результаты. Поэтому любая новая информация по теме, на наш взгляд, представляет научный интерес.

Изучая материалы периодической печати за 1917 г., в газете кадетской партии “Свободный народ” (от 10 августа 1917 г.) была обнаружена статья Ростовцева “Новый строй и наука”. Следует обратить внимание на тот факт, что в опубликованных “Материалах к библиографии М.И. Ростовцева”, куда включены названия 680 его работ за период 1894–1995 гг., эта статья не упоминается [1, с. 200–221]. Не вошла она и в материалы специального сборника “М.И. Ростовцев. Политические статьи”, вышедшего в 2002 г. [2]. Поэтому целесообразно познакомить читателей с забытой статьёй видного учёного, имея в виду, что

вопрос успешного взаимодействия научного общества и власти актуален и в наши дни.



Михаил Иванович Ростовцев

СОБОЛЕВ Владимир Семёнович – доктор исторических наук, главный научный сотрудник сектора истории Российской академии наук и научных учреждений СПбФ ИИЕТ РАН.

Следует вкратце остановиться на предыстории этой публикации в далёком августе 1917 г. В начале XX в. М.И. Ростовцев — весьма заметная фигура в научной и общественно-политической жизни столицы Российской Империи. Известны были его симпатии к либеральному конституционно-демократическому движению, в 1905 г. он вступил в партию “Народной свободы”. Однако как следствие революционных событий 1905—1907 гг. его взгляды претерпели существенную эволюцию. Теперь идеалом политического устройства России он стал считать установление конституционной монархии. Главная причина — убеждение учёного в том, что только твёрдая государственная власть может быть гарантом сохранения и развития культуры и науки. Об этом свидетельствовали и весь опыт развития России, и конкретные исторические условия. А ослабление государства революционными потрясениями, по мнению Ростовцева, составляло главную опасность для общественной и культурной жизни.

Подобные взгляды привели его к принципиальному несогласию с основной политической линией кадетской партии. А это в свою очередь обусловило его отдаление от активной политической деятельности. В послереволюционный период (1908—1914) М.И. Ростовцев проявил себя прежде всего как крупный и авторитетный организатор научных исследований. Однако он находил время и для общественного служения — занимался благотворительностью.

В годы Первой мировой войны учёный был одним из руководителей общероссийского “Комитета помощи увечным воинам”, организовывал сборы средств для раненых солдат, офицеров и беженцев [3, с. 6]. Например, благодаря только одному подобному мероприятию, состоявшемуся 18—20 февраля 1917 г., в Петрограде была собрана внушительная сумма — более 500 тыс. руб. Общественная деятельность Ростовцева была высоко оценена правительством союзной Франции, наградившим его Орденом Почётного легиона.

Развитие событий в России после Февральской революции вызывало у Ростовцева тревогу и озабоченность. Он неоднократно предупреждал общество об опасности, которую представляют для культуры и науки “потрясения внутри устоев государства, особенно в условиях тяжёлой войны” [4, с. 73]. Именно эта глубоко волновавшая учёного тема и стала лейтмотивом его статьи “Новый строй и наука”. Прежде всего Ростовцев указал на то, что “научное творчество — свободное и индивидуальное... немислимо без постоянной и деятельной материальной и моральной поддержки государства” [5, с. 1]. Он также упомянул о надеждах, которые возлагались научным сообществом на революцию: “Русская наука ждала от нового строя новой свободной и широкой жизни”

[5, с. 1]. Данный тезис завершается риторическим вопросом: “Дождётся ли она её?”. Действительно, статья была опубликована в тот момент, когда ситуация в России уже вышла из-под контроля либеральных политических кругов и буржуазно-демократическая революция неумолимо двигалась к пропасти.

Для современных историков важно, что автор статьи в той полной драматизма ситуации сохранил верность служению науке и своей вере в неё: “России наука нужна, как воздух... без самостоятельной и творческой национальной науки немислим никакой прогресс” [5, с. 1].

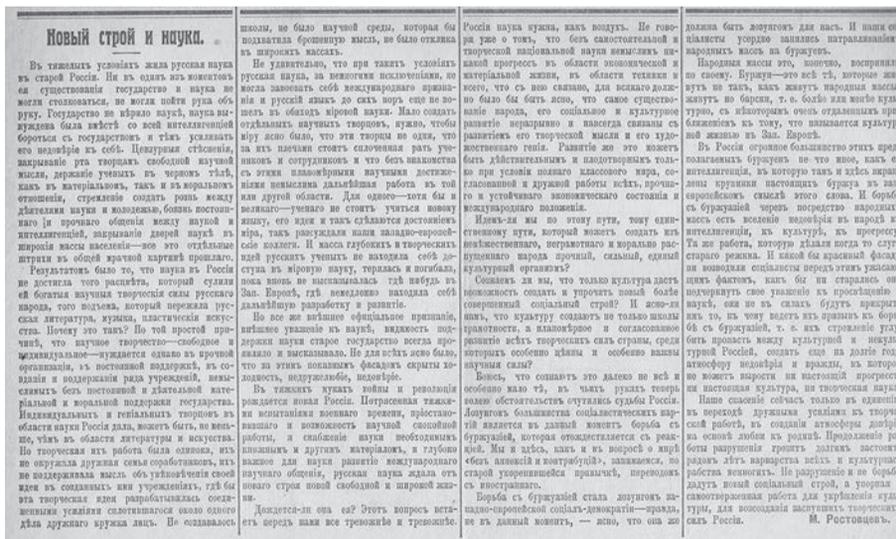
Следует сказать несколько слов о самой газете “Свободный народ”. В условиях подготовки и проведения выборов в Учредительное собрание ЦК кадетской партии принял решение об издании второй газеты в дополнение к известной газете “Речь”, которая выходила с 1906 г. Новая газета должна была стать более популярной и доступной для читателей, а значит, себестоимость её производства и розничная цена должны были быть гораздо ниже, чем у “Речи”, которая, кстати, всегда была убыточной. Так в начале июня 1917 г. появилась кадетская газета “Свободный народ”. В начале августа 1917 г. её редактором был назначен известный деятель кадетской партии князь В.А. Оболенский. Как выпускник Петроградского университета он поддерживал дружеские отношения с рядом ярких представителей отечественной науки — П.Б. Струве, М.И. Туган-Барановским, С.Ф. Ольденбургом и другими. Полагаем, что это обстоятельство и стало одной из веских причин публикации статьи академика М.И. Ростовцева именно в “Свободном народе”.

Несколько позднее, в сентябре 1917 г., в журнале “Русская мысль” вышла ещё одна статья учёного — “Наука и революция”. В ней он вновь обратился к вопросу о путях развития отечественной науки. По его убеждению, именно мощь и стабильность Русского государства на протяжении веков служили “гарантом успешного развития культурной и научной жизни в стране”. Соответственно, “подрыв российской государственности” был “равносилён гибели культуры и науки” [6, с. 1—15].

Уже находясь в эмиграции, Ростовцев в своих работах неоднократно возвращался к вопросу о роли и месте науки в России. Так, в лекции, прочитанной в апреле 1919 г. в Университете Манчестера, он указывал на то, что русская наука имеет свои характерные черты и особенности, в частности, “все члены Академии наук состоят на службе у государства, получают жалованье и посвящают себя научной работе” [2, с. 63].



Титул газеты "Свободный народ"



Статья М.И. Ростовцева в газете "Свободный народ" от 10 августа 1917 г.

НОВЫЙ СТРОЙ И НАУКА¹

В тяжёлых условиях жила русская наука в старой России. Ни в один из моментов её существования государство и наука не могли столкнуться, не могли пойти рука об руку. Государство не верило науке, наука вынуждена была вместе со всей интеллигенцией бороться с государством и тем усиливать его недоверие к себе. Цензурные стеснения, закрытие рта творцам свободной науч-

ной мысли, держание учёных в чёрном теле, как в материальном, так и в моральном отношении, стремление создать рознь между деятелями науки и молодёжью, боязнь постоянного и прочного общения между наукой и интеллигенцией, закрывание дверей науки в широкие массы населения — всё это отдельные штрихи в общей мрачной картине прошлого.

Результатом было то, что наука в России не достигла того расцвета, который сулили ей богатые научные творческие силы русского народа, того

¹ Сохранены орфография и пунктуация автора.

подъёма, который пережила русская литература, музыка, пластические искусства. Почему это так? По той простой причине, что научное творчество — свободное и индивидуальное — нуждается однако в прочной организации, в постоянной поддержке, в создании и поддержании ряда учреждений, немислимых без постоянной материальной и моральной поддержки государства. Индивидуальных и гениальных творцов в области науки Россия дала, может быть, не меньше, чем в области литературы и искусства. Но творческая их работа была одинока, их не окружала дружная семья со работников, их не поддерживала мысль об увековечении своей идеи в созданных ими учреждениях, где бы эта творческая идея разрабатывалась соединёнными усилиями сплотившегося около одного дела дружного кружка лиц. Не создавалось школы, не было научной среды, которая бы подхватила брошенную мысль, не было отклика в широких массах.

Не удивительно, что при таких условиях русская наука, за немногими исключениями, не могла завоевать себе международного признания и русский язык до сих пор ещё не вошёл в обиход мировой науки. Мало создать отдельных научных творцов, нужно, чтобы миру ясно было, что эти творцы не одни, что за их плечами стоит сплочённая рать учеников и сотрудников и что без знакомства с этими планомерными научными достижениями немислима дальнейшая работа в той или другой области. Для одного — хотя бы и великого — учёного не стоит учиться новому языку, его идеи и так сделаются достоянием мира, так рассуждали наши западноевропейские коллеги. И масса глубоких и творческих идей русских учёных не находила себе доступа в мировую науку, терялась и погибала, пока вновь не высказывалась где-нибудь в Зап. Европе, где немедленно находила себе дальнейшую разработку и развитие.

Но всё же внешнее официальное признание, внешнее уважение к науке, видимость поддержки науки старое государство всегда проявляло и высказывало. Не для всех ясно было, что за этим показным фасадом скрыты холодность, недружелюбие, недоверие.

В тяжких муках войны и революции рождается новая Россия. Потрясённая тяжкими испытаниями военного времени, приостановившего и возможность научной спокойной работы, и снабжение науки необходимым книжным и другим материалом, и глубоко важное для науки развитие международного научного общения, русская наука ждала от нового строя новой свободной и широкой жизни.

Дождётся-ли она её? Этот вопрос встаёт перед нами всё тревожнее и тревожнее. России наука нужна, как воздух. Не говоря уже о том, что без самостоятельной и творческой национальной на-

уки немислим никакой прогресс в области экономической и материальной жизни, в области техники и всего, что с нею связано, для всякого должно было бы быть ясно, что самоё существование народа, его социальное и культурное развитие неразрывно и навсегда связаны с развитием его творческой мысли и его художественного гения. Развитие же это может быть действительным и плодотворным только при условии полного классового мира, согласованной и дружной работы всех, прочного и устойчивого экономического состояния и международного положения.

Идём-ли мы по этому пути, тому единственному пути, который может создать из невежественного, неграмотного и морально распущенного народа прочный, сильный, единый культурный организм?

Сознаём ли мы, что только культура даст возможность создать и упрочить новый более совершенный социальный строй? И ясно-ли нам, что культуру создают не только школы грамотности, а планомерное и согласованное развитие всех творческих сил страны, среди которых особенно ценны и особенно важны научные силы?

Боюсь, что сознают это далеко не все и особенно мало те, в чьих руках теперь волею обстоятельств очутились судьбы России. Лозунгом большинства социалистических партий является в данный момент борьба с буржуазией, которая отождествляется с реакцией. Мы и здесь, как и в вопросе о мире “без аннексий и контрибуций”, занимаемся, по старой укоренившейся привычке, переводом иностранного.

Борьба с буржуазией стала лозунгом западноевропейской социал-демократии — правда, не в данный момент, — ясно, что она же должна быть лозунгом для нас. И наши социалисты усердно занялись натравливанием народных масс на буржуев.

Народные массы это, конечно, восприняли по своему. Буржуи — это все те, которые живут не так, как живут народные массы, живут по барски, т.е. более или менее культурно, с некоторым очень отдалённым приближением к тому, что называется культурной жизнью в Зап. Европе.

В России огромное большинство этих предполагаемых буржуев не что иное, как её интеллигенция, в которую там и здесь вкраплены крупинки настоящих буржуа в зап. европейском смысле этого слова. И борьба с буржуазией через посредство народных масс есть вселение недоверия в народе к интеллигенции, к культуре, к прогрессу. Та же работа, которую делали когда то слуги старого режима. И какой бы красивый фасад ни возводили социалисты перед этим ужасающим фактом, как бы ни старались они подчеркнуть своё уважение к просвещению и науке, они не в силах будут прикрыть им то, к чему ведёт их призыв к

борьбе с буржуазией, т.е. их стремление углубить пропасть между культурной и некультурной Россией, создать ещё на долгие годы атмосферу недоверия и вражды, в которой не может вырасти ни настоящий прогресс, ни настоящая культура, ни творческая наука.

Наше спасение сейчас только в единении, в переходе дружными усилиями к творческой работе, в создании атмосферы доверия на основе любви к родине. Продолжение работы разрушения грозит долгим застоём, рядом лет варварства всех и культурного рабства немногих. Не разрушение и не борьба дадут новый социальный строй, а упорная и самоотверженная работа для укрепления культуры, для воссоздания заснувших творческих сил России.

М. Ростовцев

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зуев В.Ю.* Материалы к библиографии М.И. Ростовцева // Скифский роман / Под ред. Г.М. Бонгард-Левина. М.: РОССПЭН, 1997. С. 200–221.
2. *Ростовцев М.И.* Вклад России в науку. Политические статьи / Сост. К.А. Аветисян. СПб.: Наука, 2002.
3. *Родзянко М.В., Ростовцев М.И.* Петроград – увечным воинам. Письмо в редакцию // Речь. 25 февраля (10 марта) 1917 г. С. 6.
4. *Зуев В.Ю.* Годы в России. Биографическая хроника // Скифский роман / Под ред. Г.М. Бонгард-Левина. М.: РОССПЭН, 1997.
5. *Ростовцев М.И.* Новый строй и наука // Свободный народ. 10 августа 1917 г.
6. *Ростовцев М.И.* Наука и революция // Русская мысль. Сентябрь–октябрь 1917 г. С. 1–15.

ИНТЕГРАЦИЯ VS РЕПАТРИАЦИЯ: СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ АРМЯНСКОЙ ДИАСПОРЫ РОССИИ

Под ред. академика Г.А. Погосяна / Ереван: Изд-во “Гитутюн” НАН РА, 2022. 196 с.

© 2023 г. С. В. Рязанцев^{а,*}

^аИнститут демографических исследований ФНИСЦ РАН, Москва, Россия

*E-mail: riazan@fnisc.ru

Поступила в редакцию 25.11.2022 г.

После доработки 30.11.2022 г.

Принята к публикации 10.12.2022 г.

Ключевые слова: армянская диаспора России, миграции, репатриационный потенциал, национальная безопасность, интеграционные процессы.

DOI: 10.31857/S0869587323020081, EDN: FCVEAW

В силу усиления миграционных процессов во всём мире и, в частности, на постсоветском пространстве в последние годы заметно вырос интерес к проблеме этнических диаспор. В научной литературе этой теме, включая её методологический аспект, уделяется особое внимание, как и вопросу влияния диаспор на социально-экономическую жизнь принимающих стран, на обеспечение их национальной безопасности. Однако ощущается недостаток прикладных исследований, которые позволяли бы предметно говорить о тенденциях в этой области.

Одним из успешных примеров подобного рода стало крупное исследование “Социально-экономический потенциал армянской диаспоры в контексте интеграционных процессов в ЕАЭС”, проведённое в 2021–2022 гг. Именно его результаты легли в основу коллективной монографии “Интеграция vs репатриация: социально-экономический потенциал армянской диаспоры России”, в которой обобщены данные социологических опросов в России и Армении в рамках совместного научного проекта. В Российской Федерации опросы осуществлялись учёными Института демографических исследований ФНИСЦ РАН, в Армении – Института философии, социологии и права Национальной академии наук Республики Армения. Это позволило обеспечить высокий методологический уровень исследования, интерпретации его результатов и их теоретического обобщения.

В представленном в книге кратком историческом обзоре упоминается, что “на протяжении истории было несколько волн массового переселения армян с мест их привычного проживания... Наиболее значительное... произошло в результате геноцида армян в Османской Турции... в 1915 году. Именно это массовое истребление армян и последовавшие массовые переселения сформировали основной состав того, что получило название армянской диаспоры. Сотни тысяч спасшихся и уцелевших от геноцида армян нашли убежище в различных странах мира, создав так называемую классическую диаспору” (с. 27).

Следует иметь в виду, что миграция населения из Армении существенно усилилась в постсоветский период. Так, с 1997 по 2006 г. Армению покинули более одного млн человек, среди которых преобладали трудовые мигранты, причём 80% из них отправились в Россию. По данным российской переписи населения 2010 г., численность армян в стране составляла 1 182 388 человек. По данным “Союза армян России”, в настоящее время в России проживает примерно 2.5 млн армян, в то время как в Армении – 2.9 млн. Всего же в мире, по разным оценкам, насчитывается 8–10 млн армян. Крупные армянские сообщества сформировались в США (1.6 млн человек) и в Европе (в одной только Франции 650 тыс.). Сейчас армяне живут в 102 странах (с. 28).

Как показало исследование, основная причина миграции в Россию – отсутствие работы на родине (45.8% опрошенных). Среди других причин самые распространённые – вступление в брак (9.4%), поиск более благополучной жизни (8.4%), воссоединение семьи (4.8%).

РЯЗАНЦЕВ Сергей Васильевич – член-корреспондент РАН, директор ИДИ ФНИСЦ РАН.

Социологические опросы мигрантов и экспертов в области миграции были посвящены изучению социально-экономического потенциала армянской диаспоры России с акцентом на её *репатриационный потенциал* в обозримом будущем. Основная цель здесь – выявить, насколько возможно возвращение армянских мигрантов на родину, в какие сроки этого следует ожидать, каковы необходимые условия репатриации. В рамках совместного исследовательского проекта была разработана теоретическая модель эмпирического изучения армянской диаспоры, её влияния на социально-экономические процессы, как в принимающей стране, так и в стране исхода. Под *диаспорой* авторы проекта понимают любое живущее в инородном окружении этническое или конфессиональное меньшинство, объединённое общим самосознанием, которое выражается в чувстве групповой солидарности (с. 20). Непосредственно армянская диаспора России определяется как специфическое социально-культурное образование, темпорально и территориально ограниченное проживанием в России, разделённое по степени социальной сплочённости на дисперсные группы (с. 74).

В книге сделан шаг в концептуальном определении ключевого понятия “*социальная сплочённость армянской диаспоры*”; этот концепт стал своего рода ресурсом для многомерного измерения и интерпретации индикаторов, среди которых степень приверженности к армянской диаспоре её членов; степень интеграции в диаспору; степень совпадения оценок, установок и позиций группы по отношению к объектам, людям, идеям и событиям; характеристика системы внутригрупповых связей; согласованность поведения членов диаспоры; степень привлекательности (полезности) группы для её участников.

Исключительно важной характеристикой, свидетельствующей о вовлечённости в группу, является *идентификация*, поскольку она не просто характеризует цели, ценности, убеждения, которым человек следует в жизни, но и подразумевает принятие членами армянской диаспоры соответствующих групповых норм, правил взаимодействия в социуме. Исследование опирается на представление о феномене интеграции как результате успешного встраивания мигрантов из Армении в структуру российского общества. Предложенная аналитическая конструкция интеграции включает субъективные репрезентации приспособления, аккультурации в принимающем социуме, в рамках которых возникает взаимодействие как отдельных индивидов, так и целых социальных групп с инокультурным окружением.

В работе предложена система показателей интеграции мигрантов из Армении в российское общество, которая основана на индивидуальных

представлениях о повседневной жизнедеятельности членов армянской диаспоры и фокусируется на их оценках респондентами. Глубина интеграции характеризуется удовлетворённостью работой, жилищными условиями, материальным благополучием, толерантностью и комплементарностью во взаимодействии с местным населением, идентичностью. Особенно важно, что в оценке степени интегрированности мигрантов авторы ориентируются на *количественное измерение субъективных ощущений* респондентов, в отличие от большинства проводимых исследований на небольших выборках, которые носят качественный характер.

В книге формулируется обоснованный вывод о том, что процесс интеграции в России мигрантов из Армении (как, впрочем, любых мигрантов в любой стране) представляет собой *континуум* и не предполагает полной ассимиляции. Вхождение в инокультурный социум протекает непоследовательно и с разной степенью вовлечённости в отдельных сферах повседневной жизни. В то же время наблюдается относительная устойчивость и высокая интенсивность включения армян в российскую среду.

В исследовании описываются механизмы формирования сплочённости диаспоры, связей и альтруистического поведения в ней, формы сотрудничества в интересах удовлетворения потребностей её членов как способе капитализации доверия, основанного на сходстве интересов и осознании себя особенной этнической общностью, а также её взаимодействие с другими идентичностями, этническими сообществами. На основе анализа эмпирических данных выделены отдельные группы армянской диаспоры в России: центральная – наиболее многочисленная, представляющая сплочённое ядро, а также две периферийные – отчуждённых и неопределившихся в оценке сплочённости.

Проведённое авторами монографии исследование расширяет понимание особенностей функционирования армянской диаспоры. Одно из самых крупных диаспоральных сообществ – “Союз армян России”, который действует в интересах армянского сообщества, обеспечивая сохранение национальной самобытности армян, взаимопомощь, решение проблем молодёжи, ветеранов, беженцев. В то же время союз нацелен на разнообразную поддержку Республики Армения и Нагорно-Карабахской Республики в экономической, гуманитарной и социальной сферах. Интеграционный потенциал “Союза армян России” и других подобных объединений оценивается достаточно высоко. Они активно сотрудничают с правительством Армении через дипломатические представительства. Можно утверждать, что все эти структуры, взаимодействуя, вносят свой вклад в общее дело. Однако следует иметь в виду,

что армянские мигранты не очень активно участвуют в деятельности этнических общин, доля посещающих различного рода культурные мероприятия в масштабах СНГ составляет порядка 30%, о деятельности союза имеют представление 42% опрошенных (с. 63).

Указывая на выраженную гетерогенность, многослойность армянской диаспоры России, авторы исследования в то же время отмечают, что 76.5% участников опроса считают её сплочённой, а 83.5% полагают, что большинство их соотечественников всегда готовы прийти на помощь друг другу. Причём на эту оценку не влияют принципиальным образом сроки и место проживания в России, место рождения. Это даёт основания утверждать, что в армянской диаспоре поддерживаются правила альтруистического поведения, принципы взаимодействия и взаимопомощи, которые сплачивают сообщество (с. 79).

Один из важных вопросов, обсуждаемых в книге, это вопрос о механизмах и факторах интеграции мигрантов в российское общество. В частности, обращалось внимание на такой показатель, как настроение в повседневной жизни, удовлетворённость её различными сторонами. По данным опроса, у 67% членов армянской диаспоры в последнее время хорошее, оптимистичное, ровное настроение. Однако 14.7% испытывают беспокойство, раздражение, а 3.7% — страх, отчаяние, безысходность, 14.8% затруднились точно охарактеризовать своё эмоциональное состояние (с. 63). Исключительно важная характеристика степени интегрированности в социум — идентификация, которая подразумевает принятие членами армянской диаспоры соответствующих групповых норм, правил взаимодействия. Отождествление себя с Россией означает, что мигранты приписывают положительные характеристики принимающему обществу. Среди опрошенных, имеющих российское гражданство, 44% ощущают себя в первую очередь гражданами России, 15% — членами своей семьи, 15% — представителями армянского народа, 7% — гражданами Армении, 6.3% — гражданами мира, 5.3% — жителями города, в котором живут. Среди живущих в России граждан Армении 45% считают себя гражданами Армении, 14.3% — гражданами России, 10.2% — представителями армянского народа, 7.2% — членами своей семьи, 6.6% — гражданами мира, 6.6% — жителями города, в котором осели. Интересно, что среди респондентов, имеющих двойное гражданство (российское и армянское), гражданами России ощущают себя 25.9% опрошенных, в то время как гражданами Армении — 16.2%. Около половины респондентов в перспективе видят себя гражданами России, а около 8% — гражданами третьей страны (с. 64, 65).

В последние десятилетия масштабный миграционный отток трудоспособного населения из

Армении и двукратное сокращение рождаемости в постсоветский период выдвинули перед армянским обществом экзистенциальную угрозу: речь идёт о демографическом спаде и риске дальнейшей депопуляции. Перед обществом встают серьёзные проблемы как с точки зрения эффективного развития современной экономики, так и с точки зрения обеспечения безопасности страны в геополитически сложном регионе Южного Кавказа. С целью успешного противодействия вызовам и тенденциям депопуляции армянское правительство разработало две перспективные стратегии: всестороннего содействия ускоренному росту рождаемости, с одной стороны, и сокращения миграционного оттока населения, а также репатриации соотечественников из ближнего зарубежья — с другой.

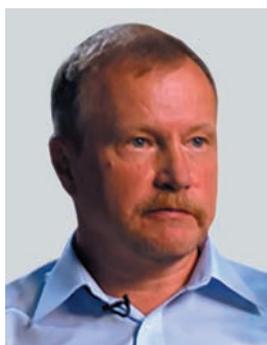
Вопрос о взаимодействии армянского государства с многочисленной армянской диаспорой зарубежья всегда представлял политический, экономический и, конечно, научный интерес. Тема возвратной миграции, репатриации остаётся довольно слабо изученной. Перед армянскими учёными стояла задача изучения репатриационного потенциала армянской диаспоры в целом и российской её составляющей (самой крупной) в частности. Исследование, которое стало основой рецензируемой монографии, представляет собой первую и пока единственную попытку эмпирического социологического исследования репатриационного ресурса Армении.

Ответы на главный вопрос — о намерениях уехавших в Россию армянских мигрантов вернуться на родину — позволяют оценить потенциальный масштаб репатриации. Как оказалось, он невелик: собираются уехать домой в ближайшем будущем 7–10% опрошенных. Причём результаты армянской и российской панелей очень близки, что может свидетельствовать о высокой достоверности полученных данных. Учитывая общую численность армянских мигрантов в России (2.5 млн), это примерно 150–200 тыс. человек. Особый интерес представляет вопрос об обстоятельствах, позволяющих армянам вернуться домой. Опрошенные в Армении семьи мигрантов, а также армянские мигранты в России и эксперты указали на главные условия, при наличии которых отъезд на родину станет возможен: отсутствие угрозы войны, гарантии безопасности населения, наличие новых рабочих мест и улучшение социально-экономической ситуации в стране. Сравнительный анализ показал, что условия возможного возвращения мигрантов тесно коррелируют с причинами, по которым они уехали из Армении. Очевидно, что масштабная репатриация требует серьёзных усилий со стороны государства, в том числе запуска специальных целевых программ.

НАГРАДЫ И ПРЕМИИ

DOI: 10.31857/S0869587323340017, EDN: VHTHXC

ЗОЛОТАЯ МЕДАЛЬ ИМЕНИ В.М. БЕХТЕРЕВА 2022 ГОДА – Ю.А. БУБЕЕВУ



Президиум РАН присудил золотую медаль им. В.М. Бехтерева 2022 года доктору медицинских наук Юрию Аркадьевичу Бубееву (Институт медико-биологических проблем РАН) за цикл работ по психофизиологии деятельности лиц опасных профессий.

На основании исследований, выполненных в полевых и лабораторных условиях, сформулированы базовые постулаты психокоррекционных мероприятий для лиц опасных профессий. Изучены механизмы воздействия на травматические следы памяти. Выявлены физиологические принципы анксиолитического действия инертных газов, обусловленного как усилением тормозных процессов и регуляцией нейрональной возбудимости нервной системы, так и опосредованное механизмами памяти. Установлена роль интеграционно-

го механизма памяти, когда состояние снижения тревожности, вызванное ксеноном, становится её новым атрибутом. Обобщён опыт обследования различных групп специалистов опасных профессий в концепции “стресса жизнеугрожающих состояний”, характеризующегося быстрой динамикой со значительной утратой функциональных резервов организма и длительным следом в отдалённой перспективе.

Использование комплекса психофизиологических методов исследования работы мозга (среди которых метод нейросемантической психодиагностики, основанный на анализе вызванных потенциалов электроэнцефалографии при подпороговом времени предъявления вербальных стимулов) позволило определить роль изменений в подсознательной сфере, заключающихся в грубой деформации базовых эго-структур. Установлены связи анализируемых показателей с неосознаваемыми аспектами психической деятельности.

ЗОЛОТАЯ МЕДАЛЬ ИМЕНИ Г.Ф. МОРОЗОВА 2022 ГОДА – Е.М. РОМАНОВУ



Президиум РАН присудил золотую медаль им. Г.Ф. Морозова 2022 года доктору сельскохозяйственных наук Евгению Михайловичу Романову (Поволжский государственный технологический университет) за серию работ “Ресурсосберегающие и экологически обоснованные технологии лесовосстановления”.

В работах рассмотрены теория, методология и практика разработки интенсивных технологий

выращивания сеянцев на биоэкологической основе, организация мониторинга при лесовыращивании, использование субстратов на основе промышленных и коммунально-бытовых органических отходов в условиях закрытого грунта при производстве селекционно улучшенного посадочного материала (в том числе с закрытой корневой системой), внедрение ресурсосберегающих технологий создания лесных культур с применением новейших методов и средств механизации, ведение хозяйства в загрязнённых радионуклидами лесах. Результаты исследований Е.М. Романова широко используются при лесовосстановлении в Среднем Поволжье и других регионах страны.

ПРЕМИЯ ИМЕНИ М.А. ЛАВРЕНТЬЕВА 2021 ГОДА – С.И. БЕЗРОДНЫХ



Президиум РАН присудил премию им. М.А. Лаврентьева 2021 года доктору физико-математических наук, профессору РАН Сергею Игоревичу Безродных (ФИЦ “Информатика и управление” РАН) за цикл работ “Новые методы в теории гипергеометрических функций многих переменных и их приложения”.

В XX в. успехи теории функций комплексных переменных и её многочисленные приложения к задачам математической физики были неразрывно связаны с работами М.А. Лаврентьева. Цикл статей С.И. Безродных, опубликованных с 2011 г.,

стал фундаментальным вкладом в теорию гипергеометрических функций многих комплексных переменных и теорию краевых задач для аналитических функций. В этих работах предложен метод решения проблемы аналитического продолжения функций Горна и Лауричеллы (наиболее важных классов гипергеометрических функций), решён вопрос о придании геометрического смысла задаче Римана–Гильберта – проблеме, которая была поставлена основополагающими трудами Б. Римана, относящимися к середине XIX в. Даны приложения к актуальным задачам космической плазмодинамики. Представленные результаты, несомненно, окажут влияние на развитие современного комплексного анализа и математической физики.

ПРЕМИЯ ИМЕНИ Н.И. КАРЕЕВА 2021 ГОДА – О.Ф. КУДРЯВЦЕВУ



Президиум РАН присудил премию им. Н.И. Кареева 2021 года доктору исторических наук Олегу Фёдоровичу Кудрявцеву (Московский государственный институт международных отношений (университет) МИД России) за цикл работ по истории европейского Ренессанса – «Ренессансный гуманизм и

“Утопия”», “Чаша Гермеса. Гуманистическая мысль эпохи Возрождения и герметическая традиция”, “Флорентийская Платоновская академия (Очерк

истории духовной жизни ренессансной Италии)».

Цикл работ ведущего российского специалиста по истории европейского Возрождения О.Ф. Кудрявцева, включающий три книги, сотни статей, публикаций источников, – результат его многолетних исследований. В работах цикла представлен глубокий анализ культуры европейского Ренессанса, социальных и этических идей выдающихся мыслителей-гуманистов того времени. Фундаментальный научный вклад О.Ф. Кудрявцева в изучение культурной и интеллектуальной истории Ренессанса получил широкое признание научной общественности в России и за рубежом.