

СОДЕРЖАНИЕ

Том 91, номер 6, 2021

Научная сессия Общего собрания членов РАН “75 лет атомной отрасли. Вклад Академии наук”

<i>А. А. Саркисов</i>	
Некоторые исторические уроки создания отечественной корабельной ядерной энергетики	503
<i>Ю. Г. Драгунов</i>	
Космическая ядерная энергетика	520
<i>В. В. Петрунин</i>	
Реакторные установки для атомных станций малой мощности	528
<i>А. Д. Каприн, В. П. Смирнов</i>	
Ядерная медицина	541
<i>Л. А. Ильин, А. С. Самойлов</i>	
Роль радиобиологии и радиационной медицины в обеспечении защиты от воздействия ионизирующих излучений (отечественный опыт)	550
<i>А. Г. Арбатов</i>	
Глобальная стабильность в ядерном мире	560
<i>С. М. Rogov</i>	
Глобальная и региональная стабильность в ядерном мире	571
Академия наук выдвигает задачу интеллектуальной мобилизации страны	
<i>Общая дискуссия</i>	585

Точка зрения

<i>Д. А. Пашенцев</i>	
Конституционная соразмерность в постнеклассической научной парадигме и современной практике	593

CONTENTS

Vol. 91, No. 6, 2021

**Scientific Session of the General Meeting of RAS Members
“75 years of the nuclear industry. Contribution of the Academy of Sciences”**

<i>A. A. Sarkisov</i>	
Some historical lessons of creation of native ship nuclear power	503
<i>Yu. G. Dragunov</i>	
Space nuclear power energetics	520
<i>V. V. Petrunin</i>	
Reactor installations for low-power nuclear power plants	528
<i>A.D. Kaprin, V. P. Smirnov</i>	
Nuclear medicine	541
<i>L. A. Ilyin, A. S. Samoilov</i>	
The role of radiobiology and radiation medicine in providing protection from the effects of ionizing radiation (native experience)	550
<i>A. G. Arbatov</i>	
Global stability in the nuclear world	560
<i>S. M. Rogov</i>	
Global and regional stability in the nuclear world	571
The Academy of Sciences puts forward the task of intellectual mobilization of the country	
<i>General discussion</i>	585

Point of View

<i>D. A. Pashentsev</i>	
Constitutional proportionality in the post-non-classical scientific paradigm and modern practice	593

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОБЩЕГО СОБРАНИЯ ЧЛЕНОВ РАН “75 ЛЕТ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ. ВКЛАД АКАДЕМИИ НАУК”

В 2020 г. российской атомной промышленности исполнилось 75 лет. Празднование юбилея началось 20 августа (именно в этот день 1945 г. вышло постановление ГКО о создании Первого главного управления при Совете народных комиссаров СССР для руководства Атомным проектом), а завершилось декабрьской научной сессией Общего собрания членов РАН, посвящённой результатам и перспективам сотрудничества Государственной корпорации по атомной энергии “Росатом” и Академии наук. В мероприятии очно и онлайн приняли участие более 1000 человек.

Наш журнал публикует материалы научной сессии в двух номерах: первая часть напечатана в № 5 за нынешний год, вторую мы представляем в настоящем номере — № 6.

НЕКОТОРЫЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ УРОКИ СОЗДАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ КОРАБЕЛЬНОЙ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

© 2021 г. А. А. Саркисов

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, Москва, Россия

E-mail: sarkisov@ibrae.ac.ru

Поступила в редакцию 25.12.2020 г.

После доработки 28.12.2020 г.

Принята к публикации 11.01.2021 г.

Крупнейшей вехой в 75-летней истории атомной отрасли стало создание ядерной энергетической установки для первой в СССР атомной подводной лодки. В статье, подготовленной по материалам доклада на Общем собрании РАН 8 декабря 2020 г., основной акцент сделан на роли науки в решении этой новой для того времени, сложной и многоплановой проблемы. Подчёркивается, что связь РАН с ВМФ всегда обеспечивала эффективное решение задач по развитию всех родов сил ВМФ и наиболее интенсивно — подводного флота. Тесное взаимодействие науки с флотом в полной мере проявилось в эпоху научно-технической революции, начало и бурное развитие которой пришлось на годы конфронтации между двумя противостоящими военно-политическими блоками — СССР и США.

Ключевые слова: атомная подводная лодка, корабельная ядерная энергетическая установка, гидрофизика, гидродинамика, гравиметрия, скрытность АПЛ, развитие фундаментальной науки в интересах флота, первая отечественная АПЛ К-3, АПЛ проекта 661, АПЛ проекта 705, утилизация атомных подводных лодок, Стратегический мастер-план, ядерное сдерживание, тенденции развития корабельной ядерной энергетики.

DOI: 10.31857/S0869587321050224

Использование ядерных источников энергии на флоте, прежде всего подводном, позволило решить задачу, связанную с созданием двигателя,



САРКИСОВ Ашот Араkelo-
вич — академик РАН, советник
РАН, вице-адмирал, профес-
сор МФТИ.

способного обеспечить кораблю принципиально новые качества. Время показало, что в сочетании с новыми видами вооружения ядерная энергетика коренным образом изменила стратегические, тактические и технические возможности подводного флота и его роль в Мировом океане, что привело к существенной корректировке военных доктрин ведущих стран.

Как и в разработке ядерного оружия, в создании атомной подводной лодки (АПЛ) нашей стране пришлось догонять США, которые опережали СССР на 4–5 лет благодаря строительству и вводу в строй своей первой АПЛ “Наутилус”, догонять самостоятельно, решая, при отсутствии аналогов, множество сложных научно-инженерных проблем.

Стартовым документом, положившим начало активных работ по созданию первой отечественной АПЛ, стало историческое постановление Совета министров СССР от 9 сентября 1952 г. Следует пояснить одну парадоксальную особенность этого постановления: в нём не были обозначены интересы ВМФ и участие флота в работах. Одна из причин такого необычного решения — весьма сдержанное отношение к созданию АПЛ главнокомандующего ВМФ адмирала флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова. Министр среднего машиностроения В.А. Малышев опасался, что консерватизм взглядов высшего командования ВМФ, проявившийся при рассмотрении предложений о начале работ по ядерной энергетической установке и АПЛ, сильно затруднит их разработку. Лично зная Н.Г. Кузнецова как человека высокообразованного и прогрессивного, мне трудно объяснить занятую им в тот период, мягко говоря, сдержанную позицию по этому вопросу.

История создания отечественного атомного подводного флота достаточно подробно описана во многих популярных и специальных изданиях. Поэтому основное содержание своего сообщения я хотел бы сосредоточить на роли науки в решении такой новой для того времени, сложной и многоплановой проблемы, какой была проблема создания атомной подводной лодки.

Традиция тесного творческого сотрудничества выдающихся отечественных учёных с флотом соблюдалась на протяжении всей истории его развития [1, 2]. Но особенно ярко эта связь проявилась в эпоху научно-технической революции, началось и бурное развитие которой пришлось на годы конфронтации между двумя противостоящими блоками мировых держав. Первое, что хотелось бы отметить: создание отечественного атомного подводного флота стало возможным лишь благодаря достигнутому в СССР высокому потенциалу фундаментальной науки, что потребовало концентрации новейших научных достижений в различных областях знаний, а также производственных и людских ресурсов. Этому способствовали прежде всего великие открытия в ядерной физике, которые послужили базой для создания корабельной ядерной энергетики, коренным образом изменившей облик подводного флота и повысившей его боевые возможности [3]. Решающую роль также сыграла передовая отечественная школа ядерной физики, сосредоточенная в ряде институтов АН СССР, и прежде всего в ленинградском Физико-техническом институте.

Особо хочу подчеркнуть, что корабельная ядерная энергетика, как и атомная подводная лодка в целом, — это наше национальное достижение. Если при создании атомного оружия разработчики имели возможность в какой-то мере опираться на материалы, предоставленные раз-

ведчиками, то при создании корабельных ядерных энергетических установок они действовали автономно. Это нашло отражение во многих, в том числе принципиальных, отличиях по ряду принятых конструктивных решений [4]. Например, подавляющее число АПЛ США построены по однокорпусной схеме, их энергетические установки, как правило, однореакторные и одновальные, а подавляющее количество наших АПЛ — двухкорпусные, двухреакторные и двухвальные. По-видимому, американские конструкторы были более уверены в надёжности выбранных ими материалов, оборудования и конструкций, преследуя как приоритетную цель достижение лучших виброакустических характеристик и более высокой скрытности АПЛ.

Многие решения, положенные в основу создания первой атомной подводной лодки, с позиции сегодняшнего дня представляются тривиальными. Однако в то время, когда они принимались, разработчики сталкивались с серьёзными трудностями из-за недостаточности научной базы и дефицита информации. На самом ответственном начальном этапе общее руководство работами по созданию АПЛ осуществлял заместитель председателя Совета министров СССР и одновременно министр судостроительной промышленности, а с августа 1953 г. — министр среднего машиностроения В.А. Малышев. Именно он на заседании секции № 8 Научно-технического совета Первого главного управления (НТС ПГУ) при Совете министров СССР поручил решение этой задачи А.П. Александрову, Д.И. Блохинцеву и Н.А. Доллежалю.

Уже первый шаг — выбор типа реактора для подводной лодки — оказался далеко не простым делом. Он усложнялся жёсткими весогабаритными ограничениями и специфическими условиями размещения ядерной энергетической установки на плавучей платформе. В частности, на начальной стадии работы всех беспокоило незнание того, как поведёт себя заполненная жидкостью активная зона в условиях качки, кренов и дифференгов. Ведь неизбежно возникающие при этом динамические реакции и инерционные эффекты могли нарушить не только плавный ход теплоносителя, но и нейтронный баланс активной зоны. Правда, после проведённого анализа и выполненных расчётов стало ясно, что опасения по этому поводу преувеличены. Силы инерции, возникавшие в условиях качки, столь малы по сравнению с общей массой покоя, что не было оснований их опасаться. И только через месяц после заседания секции № 8 НТС ПГУ А.П. Александров и его коллеги окончательно пришли к выводу, что реактор должен иметь водяной замедлитель, тепловой спектр нейтронов, а в качестве теплоносителя следует использовать ту же лёгкую воду под таким давлением, при котором будет

обеспечен необходимый запас до кипения. Здесь уместно заметить, что до этого в нашей стране не было построено ни одного энергетического реактора такого типа. Так что предстоящая работа по созданию реактора с водой под давлением для первой атомной подводной лодки носила поистине пионерский характер.

Но это был не единственный вариант. Второй из предложенных проектов — реактор с жидкотеплоносителем. Его активно поддерживал Д.И. Блохинцев, в то время директор лаборатории “В”, на базе которой вскоре был создан Физико-энергетический институт в г. Обнинске. Позже эту идею реализовали под научным руководством А.И. Лейпунского в небольшой по количеству, но уникальной, единственной в мире серии атомных подводных лодок с реакторами на промежуточных нейтронах, охлаждаемых свинцово-висмутовым теплоносителем.

Что касается ядерной энергетической установки в целом, то с самого начала разработчики остановились на традиционной котлотурбинной схеме с получением пара в парогенераторе, нагреваемом водой первого контура.

При внешней схожести традиционных паросиловых и корабельных атомных энергетических установок (в обоих случаях есть источник тепла, парогенератор, насосы, сепараторы, конденсаторы, паровая турбина и т.д.) существует принципиальное различие в природе самого источника тепла. Применение ядерного реактора в качестве источника тепловой энергии потребовало изучения новых закономерностей теплообмена и гидродинамики.

Несмотря на то, что вода как теплоноситель использовалась в котельной технике давно, в атомной энергетике возникла необходимость обеспечить новые технологические требования и выявить новые закономерности при использовании воды в полях мощных излучений, при ранее не применявшихся материалах оболочек для форсированных тепловых потоков и новых формах проточного тракта. В проблеме теплопередачи от твэлов к теплоносителю потребовалось развитие исследования по кризисам теплоотдачи в щелевых каналах сложной формы, определению коэффициентов теплоотдачи для новых геометрий и совокупности параметров, созданию и изучению роли различных интенсификаторов теплообмена.

В гидродинамике стали совершенно недостаточны одномерные и осреднённые подходы, когда для теплообменного аппарата определяются только перепады статического давления на участках проточного тракта и средние в сечениях скорости, то есть расходы. При этом возникла необходимость в разработке методов экспериментального исследования актуальных скоростей с выделением пульсационных составляющих и вы-

явления источников и спектров пульсаций и вихревых структур, а также оптимизации в решении вопросов моделирования пульсационных течений, разработке численных методов расчёта трёхмерных течений, решений уравнений Рейнольдса и Новье-Стокса. Актуальным оказался и вопрос формирования безвихревого проточного тракта с обязательным выравниванием поля давлений в напорных и выходных коллекторах. Все эти сложные научные задачи были успешно решены в течение 10–12 лет творческими коллективами Физико-энергетического института, Центрального котлотурбинного института, Научно-исследовательского и конструкторского института энерготехники и других научных учреждений [2]. Нет возможности назвать всех специалистов, которые внесли вклад в исследование перечисленных проблем. Но в этом ряду особо следует отметить исключительную роль, которую сыграли работы членов нашей академии — академиков И.И. Новикова [5] и С.С. Кутателадзе [6].

Кстати, достаточно неожиданно конструкторы столкнулись с большими трудностями в решении проблемы надёжной работы парогенераторов. Важность этого элемента энергетической установки как связующего звена между первым радиоактивным и вторым контурами с самого начала была очевидной. В случае нарушения герметичности трубной системы парогенератора более высокое давление в первом контуре создаёт риск попадания воды в другие помещения подводной лодки и море. Поэтому к парогенератору предъявлялись высочайшие требования. Особенно важным оказался выбор материалов для труб парогенераторов. Конструкторское бюро Балтийского завода использовало различные сплавы, но положительного результата долго не удавалось получить. В конце концов проблему решили, основной вклад в общий успех внёс начальник специального КБ котлостроения Балтийского завода Г.А. Гасанов.

Масштабные научно-исследовательские работы были развёрнуты с целью повышения скорости хода подводных лодок и обеспечения их скрытности. По первой проблеме они шли в ряде ведущих научных учреждений гидродинамического профиля, но особенно активно — в Институте гидродинамики СО АН СССР под руководством академика М.А. Лаврентьева. Исследования нацеливались прежде всего на изучение пограничного слоя. В результате были разработаны методы оптимизации геометрических форм обтекаемого тела, а также принципы непосредственного воздействия на пограничный слой с целью снижения сопротивления движению. Многие из этих исследований носили новаторский характер, а ряд практических разработок, выполненных на основании полученных результатов, не имел аналогов в мировой практике [7].

Создание атомного флота потребовало выдвинуть в качестве первоочередной задачи обеспечение скрытности подводных лодок. Здесь необходимо отметить, что АПЛ первых поколений по многим определяющим тактико-техническим параметрам, таким как скорость хода, глубина погружения, состав и характеристики вооружения, живучесть, вполне отвечали требованиям времени. Однако, к сожалению, подводные лодки обладали высоким уровнем шумности, что снижало их скрытность. В этой связи задача улучшения акустических характеристик отечественных АПЛ приобрела особую значимость.

В ряду чрезвычайно сложных оказалась и проблема обеспечения скрытности подводных лодок и поиска эффективных средств их обнаружения, для решения которой необходимо было осуществить широкую программу фундаментальных и прикладных исследований. Из новых направлений в рамках этой программы можно отметить исследования процессов, возникавших при прохождении подводных лодок на поверхности, в приповерхностном слое и в толще океана, которые могут обнаруживаться средствами противолодочной обороны; разработку новых физических принципов создания корабельных, авиационных и космических систем обнаружения атомных подводных лодок по их кильватерному следу, а также по измерению параметров других сопутствующих физических полей. Конечным результатом этих исследований стала разработка практических методов снижения шумности отечественных АПЛ и создание приборов и систем обнаружения подводных лодок вероятного противника. Достигнутый в этих областях прогресс можно проиллюстрировать двумя цифрами. За 30 лет — с 1970 по 2000 г. — подводную шумность лодок удалось снизить в среднем в 1,5 раза, а звуковое давление — более чем в 4 раза [8].

Первостепенное значение для Военно-морского флота всегда имели проблемы связи. Их актуальность особенно возросла с появлением атомных подводных лодок с баллистическими ядерными ракетами и необходимостью достижения ими максимальной скрытности, что нельзя обеспечить при вынужденном их подвсплытии на сеансы связи с командным пунктом. Использование буксируемых антенн, выпускаемых на поверхность во время сеансов связи, также не приводило к нужному результату, так как их можно было обнаружить техническими средствами противолодочных поисковых сил. Для решения этой задачи была инициирована масштабная программа фундаментальных и прикладных исследований, научное руководство которыми возглавил крупнейший специалист в области радиотехники академик В.А. Котельников. Из наиболее важных исследований, выполненных в рамках этой программы, можно назвать, например, ра-

боты по созданию каналов связи в диапазоне сверхнизких частот, а также в диапазонах сейсмических и гидроакустических волн. Работы в области оптического (лазерного) излучения и создание лазерных линий связи открыли возможность обеспечения связи с подводными лодками, находящимися практически во всех районах Мирового океана [9].

Надо отметить, что решения возникавших в ходе строительства подводных лодок проблем стимулировали развитие самих фундаментальных наук. Так, исследования в области гидроакустики внесли серьёзный вклад в физику океана и значительно расширили наши представления о распространении звуковых волн в реальной водной среде. Сегодня этими вопросами занимаются большие группы учёных, в том числе коллектив специально созданного с этой целью Акустического института им. Н.Н. Андреева РАН.

Выдающимся научным достижением фундаментального характера стало открытие в 1946 г. сверхдальнего распространения звукового канала, сделанное Л.М. Бреховских, Л.Д. Розенбергом, Б.И. Карловым и Н.И. Сигачёвым в ходе организованной Военно-морским флотом первой гидроакустической экспедиции в Японское море. Это открытие сыграло большую роль как в обеспечении скрытности, так и в создании методов обнаружения АПЛ, а также нашло применение в решении навигационных задач и создании систем подводной связи [10].

Другой пример возникновения нового научного направления, стимулированного интересами совершенствования флота, связан с гравиметрией. Мощным толчком для её развития стали выдвинутые флотом повышенные требования к точности определения места старта и стартовой вертикали при пуске баллистических ракет с подводных лодок. Это, в свою очередь, потребовало детального изучения аномалий гравитационного поля Земли в Мировом океане, что оказалось очень сложной научной задачей и определило развитие специальных теоретических подходов, а также соответствующей экспериментальной техники. Исследования аномалий гравитационного поля Земли в Мировом океане относятся, по существу, к новым научным направлениям в гравиметрии [11].

Приведу ещё один пример. Плавание атомных подводных лодок в северных широтах выдвинуло задачу организации комплекса исследований по изучению арктических льдов — их толщины, в том числе аномальных отклонений от средних значений, структуры внутренней поверхности ледовых покрытий, механической прочности льдов, закономерностей расположения трещин и развоидий и многих других свойств. Столь углублённое изучение арктических льдов выходило далеко за рамки

обычных потребностей народного хозяйства и стимулировалось интересами повышения эффективности боевого применения подводных лодок в различных районах Арктического бассейна.

В тех же интересах были развёрнуты широко-масштабные исследования рельефа дна морей Арктического бассейна. Разработанный для решения данной задачи геофизический измерительный комплекс включал сейсмолокацию, эхолотирование и геомагнитные методы. В итоге удалось получить детальные карты рельефа дна Арктического бассейна. Результаты оказались настолько эффективными, что создалась довольно парадоксальная ситуация: рельеф дна Арктического бассейна сегодня изучен детальнее, чем рельеф дна других океанов [12].

Говоря о роли науки в создании отечественного атомного подводного флота, следует отметить исключительно большую роль академических научных советов как основных координирующих звеньев в обеспечении взаимодействия фундаментальной и прикладной науки, эффективном использовании научных достижений в строительстве подводных лодок, при создании для них новых образцов техники и вооружения. Особое значение имела деятельность Научного совета по комплексной проблеме “Гидрофизика”, созданного в 1967 г., первым председателем которого был академик Б.П. Константинов, а с 1970 г. его возглавлял академик А.П. Александров. С 2017 г. советом руководит вице-президент РАН В.Г. Бондур. Совет всегда занимался широким кругом вопросов, но в течение многих лет центральной оставалась проблема обеспечения скрытности наших лодок и разработки средств обнаружения подводных лодок вероятного противника. Научный совет по гидрофизике в высшей степени эффективно осуществлял координацию всех отечественных работ в этой области.

Решением многих актуальных проблем в интересах ВМФ занимался и Научный совет по проблемам гидродинамики, созданный в 1960 г. Первым его председателем стал академик М.А. Лаврентьев.

В конце 1970-х годов был образован Научный совет по проблемам связи с глубоководными подводными лодками, находящимися на боевой службе в районах боевого патрулирования, в организации которого, как и в его дальнейшей работе, большую роль сыграл председатель совета академик В.А. Котельников.

Проблемами применения вычислительной техники и использования математических методов, в том числе в интересах Военно-морского флота, занимался Научный совет по прикладным проблемам при президиуме Академии наук СССР, образованный в 1967 г. Его первым председателем стал известный специалист в области



Рис. 1. Первая отечественная АПЛ “Ленинский комсомол”

математики и кибернетики академик В.М. Глушков.

Военно-морской флот на протяжении всей истории своего развития был, да и сегодня остаётся наиболее наукоёмким видом Вооружённых сил. Поэтому неудивительно, что первая структура оборонного назначения в рамках Академии наук — созданная в 1964 г. Морская физическая секция, позже преобразованная в Секцию прикладных проблем Министерства обороны при Президиуме АН СССР, — имела военно-морскую направленность. Укомплектованная высокопрофессиональными офицерами-специалистами, относительно компактная по численности, секция зарекомендовала себя как эффективный инструмент стимулирования актуальных для флота фундаментальных исследований и внедрения их результатов в военное кораблестроение, в частности, в решение проблем атомного подводного кораблестроения.

Первая отечественная АПЛ (рис. 1), получившая тактический номер К-3, была спущена на воду в августе 1957 г., через 4.5 года после создания первой американской АПЛ “Наутилус”. Её опытная эксплуатация продолжалась до конца 1959 г. За это время было совершено три выхода в море, мощность установки поднималась до 80% от номинальной, проверялись и отрабатывались различные режимы эксплуатации. После завершения опытной эксплуатации К-3 начали использовать и для выполнения специальных заданий командования, и для несения службы на просторах Мирового океана — нового вида боевой деятельности ВМФ. В 1962 г. она совершила первый в истории отечественного подводного флота поход к Северному полюсу, пройдя подо льдами Арктики 1294 мили. До вывода из боевого состава ВМФ она прослужила без малого 30 лет, пройдя

Таблица 1. Суммарное количество построенных кораблей и судов с ЯЭУ (на начало 2020 г.)

Государство	Корабли и суда с ЯЭУ			
	Подводные лодки	Надводные корабли + суда	Всего построено	В эксплуатации (подводные лодки + надводные корабли)
США	209	21+1 (Savannah)	231	67+10
Россия (СССР)	250	5+10 (АЛ)	265	41+2
Великобритания	30		30	10
Франция	16	1	17	10+1
Китай	15		15	12
Индия	1		1	1
Германия		0+1 (Otto Hahn)	1	
Япония		0+1 (Mutsu)	1	
Итого	521	27+13	561	141+13

со времени окончания испытаний ядерной энергетической установки (ЯЭУ) в 1958 г. 128443 мили.

Спуск на воду первой АПЛ послужил началом широкомасштабного строительства отечественного атомного, прежде всего подводного, флота. Из приведённых в таблице 1 сравнительных данных по количеству построенных в мире кораблей и судов с ЯЭУ [4] следует, что за период освоения и использования корабельной ядерной энергетики с середины 50-х годов XX в. ведущие государства мира создали к началу 2020 г. более 560 кораблей и судов с ЯЭУ, в России (СССР) — 250 АПЛ и 5 надводных кораблей с ЯЭУ, на которых эксплуатировалось более 450 ядерных реакторов, в том числе 9 с жидкометаллическим теплоносителем. Кроме этого, построено 11 судов ледового класса с ЯЭУ для единственного в мире отечественного атомного ледокольного флота.

К началу 2020 г. в состав ВМС США, Великобритании, Франции, Китая и Индии было принято более 290 кораблей с ЯЭУ. Около 93% построенных кораблей — это ракетные и многоцелевые подводные лодки, половина из них создана в СССР—России.

На рисунке 2 показана широта спектра применения атомных установок на военных и коммерческих объектах отечественного флота. Здесь представлены фотографии подводных лодок четвёртого поколения, первый в мире атомный ледокол “Ленин”, новейший атомный ледокол “Арктика”, атомный лихтеровоз и крейсер “Пётр Великий” с атомной установкой. Однако этим не исчерпывается всё многообразие, хотя и не всегда оправданное, построенных атомных кораблей и судов различного назначения. Некоторые из про-



АПЛ проекта 627А
(1 поколение)



АПЛ проекта 671РТМ
(2 поколение)



АПЛ проекта 949
(3 поколение)



АПЛ проекта 955 “Борей”
(4 поколение)



Ледокол “Ленин”



Ледокол “Арктика”



Крейсер “Пётр Великий”



Лихтеровоз “Севморпуть”

Рис. 2. Некоторые проекты АПЛ, надводных кораблей с ЯЭУ и атомных ледоколов



Рис. 3. АПЛ проекта 651Э

ектов положили начало строительству серийного ряда, другие носили прорывной характер.

Но были и неудачные проекты, строительство которых ограничилось головными образцами. Примером может служить по-своему оригинальный проект подводной лодки 651Э со вспомогательной атомной установкой ВАУ-6 (рис. 3, 4). Энергетическая установка подводной лодки состояла из двух дизелей мощностью 4000 л.с. каждый, двух главных гребных электродвигателей мощностью по 5500 л.с., двух гребных электродвигателей экономичного хода мощностью по 200 л.с. (на линии вала), вспомогательной атомной турбогенераторной установки мощностью 600 кВт с одним ядерным реактором кипящего типа и турбогенератором переменного тока. В апреле 1971 г. в Научно-исследовательском технологическом институте (г. Сосновый Бор Ленинградской обл.) был смонтирован наземный стенд-прототип корабельной ЯЭУ для проверки и отработки вспомогательной атомной установки (ВАУ). ВАУ разместили в отдельном отсеке-контейнере, корпус которого равнопрочен с прочным корпусом подводной лодки. Вспомогательная атомная установка обеспечивала подводной лодке экономическую подводную скорость в 4 узла и дальность плавания под водой до 7000 миль. Испытания АПЛ позволили проверить возможность и целесообразность применения энергетических установок типа ВАУ-6 в качестве вспомогательных источников электроэнергии дизель-электрических подводных лодок для увеличения дальности их непрерывного плавания в подводном положении.

Несмотря на успешное решение стоявших в ходе реализации этого проекта научных и инженерно-технических задач, в серию ядерные реакторы для дизельэлектрической подводной лодки не пошли. Углублённый анализ проектной документации и итогов проведённых испытаний позволил сделать заключение, что по совокупности технико-экономических, эксплуатационных и

оперативно-тактических параметров серийное производство АПЛ данного проекта нецелесообразно. И всё же, отдавая должное учёным, конструкторам, рабочим и техникам, принимавшим участие в реализации этого незаурядного проекта, нельзя не отметить, что данное направление создания автономных малогабаритных транспортных ЯЭУ, до сих пор не имеющих мировых аналогов, является отечественным приоритетом [13].

Несомненно, прорывным по многим техническим характеристикам стала АПЛ проекта 661, которая по ряду объективных обстоятельств была реализована лишь в единственном экземпляре (рис. 5). Крупнейшим технологическим достижением можно назвать применение титана для сооружения столь масштабных объектов (длина АПЛ составляла 120 м). Строительство титановой подводной лодки потребовало решения многих научных и технологических проблем, а также глубокой реконструкции металлургической индустрии [14].

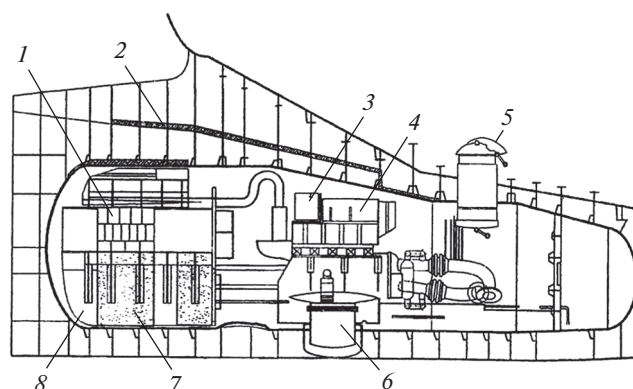


Рис. 4. Схема расположения оборудования в установке ВАУ-6

1 – реактор; 2 – свинцовая защита; 3 – турбина; 4 – генератор; 5 – входной люк; 6 – сборник конденсата; 7 – блок защитный; 8 – бак железо-водной защиты.

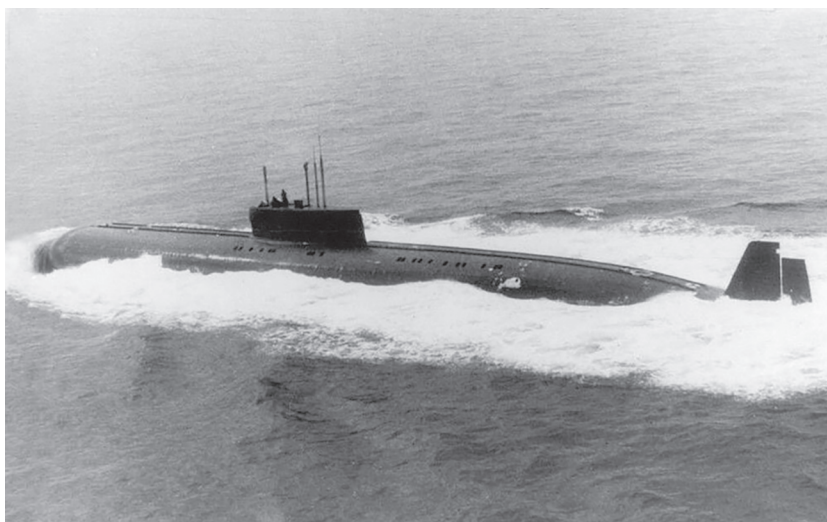


Рис. 5. АПЛ проекта 661 (“Золотая рыбка”)

Реакторы, разработанные для лодки 661-го проекта, отличались рядом оригинальных особенностей, в частности, прокачка теплоносителя первого контура осуществлялась по схеме “труба в трубе”, что обеспечивало компактность ЯЭУ при высокой тепловой напряжённости. Для питания основных потребителей электрической энергии был принят переменный трёхфазный ток напряжением 380 В и частотой 50 Гц. Существенным нововведением стал отказ от использования дизель-генераторов: в качестве аварийного источника использовалась мощная аккумуляторная батарея, состоящая из двух групп серебряно-цинковых аккумуляторов. На борту корабля был установлен всеширотный навигационный комплекс, обеспечивавший подводное и подлёдное плавание.

Строительство АПЛ продолжалось почти 10 лет. Это объяснялось задержками в поставках титана, комплектующего оборудования, длительным циклом создания ракетного комплекса, принятого на вооружение лишь в 1968 г. Как оказалось, титановый корпус требует других методик расчётов прочности, нежели стальной — неучёт этого обстоятельства привёл к срыву гидравлических испытаний некоторых блоков корабля. К тому же лодка обошлась очень дорого, за что получила прозвище “Золотая рыбка”. Тем не менее на государственных испытаниях в 1969 г. она показала скорость подводного хода в 42 узла при 80% мощности главной энергетической установки, а после передачи подводной лодки флоту при испытаниях на мерной миле в 1971 г. она достигла на полной мощности реакторов скорости 44,7 узла. Подводная лодка проекта 661 занесена в Книгу рекордов Гиннеса как самая быстрая в мире.

Ни одна АПЛ в мире до сих пор не превзошла это достижение.

Подводная лодка проекта 661 по своим ходовым и манёвренным качествам не имела аналогов ни в советском, ни в зарубежных флотах и послужила несомненным предшественником АПЛ второго и третьего поколений с крылатыми ракетами на борту и титановыми корпусами. Однако задержка с её вводом в строй, ряд тактических недостатков ракетного комплекса, высокая шумность, конструктивные недоработки отдельных приборов и недостаточный ресурс основных механизмов и оборудования корабля, ввод в строй АПЛ второго поколения других проектов привели к отказу от её серийного строительства. Атомная подводная лодка с крылатыми ракетами проекта 661 вошла в состав Северного флота и с января 1970 по декабрь 1971 г. находилась в опытной эксплуатации, после чего была переведена в боевой состав. Однако она совершила всего несколько боевых походов ввиду низкой надёжности механизмов и оборудования, прошла ряд длительных ремонтов. В 1988 г. её вывели в резерв, а в начале 1990-х годов списали из состава флота [15].

Своеобразной кульминацией интеграции науки и кораблестроения стало создание высокоавтоматизированных скоростных подводных лодок проекта 705 (рис. 6) с реактором на промежуточных нейтронах, охлаждаемым свинцово-висмутовым теплоносителем. Они предназначались для уничтожения подлодок противника во время их выхода из баз, на морском переходе и на позициях предполагаемого использования оружия против объектов на берегу. Субмарины могли привлекаться для уничтожения надводных кораблей и транспорта противника во всех районах Мирового океана, вплоть до Арктики [16]. Они



Рис. 6. АПЛ проекта 705

обладали фантастическими скоростными и манёвренными характеристиками и множеством новшеств: титановый корпус, реактор на быстрых нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем и полностью автоматизированное управление всеми системами корабля. И всё же основным элементом новизны, определившим судьбу всего проекта, стал выбор главной энергетической установки корабля. Разработчики остановились на компактном атомном реакторе на быстрых нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем. Это позволило сэкономить около 300 т водоизмещения за счёт большей температуры пара и, следовательно, улучшить эффективность турбины. Первоначально предполагалось, что экипаж АПЛ будет состоять из 16 человек, но в дальнейшем, по требованию военно-морского флота, его численность была доведена до 29 человек (4 мичмана и 25 офицеров).

Таким образом, Советскому Союзу удалось построить единственную в мире серию подводных АПЛ проектов 705 и 705К (7 единиц) с реакторами на промежуточных нейтронах и тяжёлым свинцово-висмутовым теплоносителем. Это был своего рода научно-технический прорыв. АПЛ проекта 705 опередила своё время на несколько десятилетий. Согласно западным публикациям — на 20 лет. Более корректно говорить об опережении на 30–40 лет, потому что в мире только сейчас по-настоящему оценили потенциальные достоинства этой ядерной технологии, в ряде стран начата разработка основанных на её базе энергоисточников малой и средней мощности коммерческого и оборонного назначения, в первую очередь для регионов, не имеющих централизованного электроснабжения.

С учётом принципиальной новизны энергетической установки и впервые использованной системы комплексной автоматизации можно гово-

рить о том, что в основе АПЛ 705 лежали новейшие научно-технические достижения. Пожалуй, это единственный в нашей стране случай, когда научными руководителями проекта были сразу четыре академика — ведущие специалисты в своей области: Анатолий Петрович Александров — научный руководитель создания АПЛ в целом, Александр Ильич Лейпунский, отвечавший за ядерную энергетическую установку, Владимир Александрович Трапезников, руководивший автоматизацией управления, и Андроник Гевондович Иосифьян, ответственный за электрооборудование [17, 18]. Беспрецедентная концентрация на проекте выдающихся личностей и стоявших за ними научных коллективов, а также сосредоточение научно-производственного потенциала других ведущих советских институтов позволили создать установку и в целом подводную лодку, обогнавшую время.

К сожалению, во время эксплуатации подлодок проекта 705 проявились существенные недостатки, которые препятствовали их эффективному использованию. В частности, обозначились серьёзные трудности с обеспечением базирования АПЛ из-за необходимости постоянной поддержки в горячем состоянии первого контура реактора. Следовало проводить регулярные спецоперации по предотвращению окисления теплоносителя, периодическую регенерацию и постоянный контроль за состоянием сплава. Если бы не сложная экономическая ситуация, то недостатки свинцово-висмутового направления на подводном флоте, свойственные всякому начальному периоду новых разработок, можно было бы преодолеть, и лодки этого типа стали бы равноправной альтернативой в развитии отечественных АПЛ.

Данные по ежегодному и суммарному количеству АПЛ, вводимых в состав флотов государств, приведены на рисунках 7 и 8. В 1960–1970-е годы

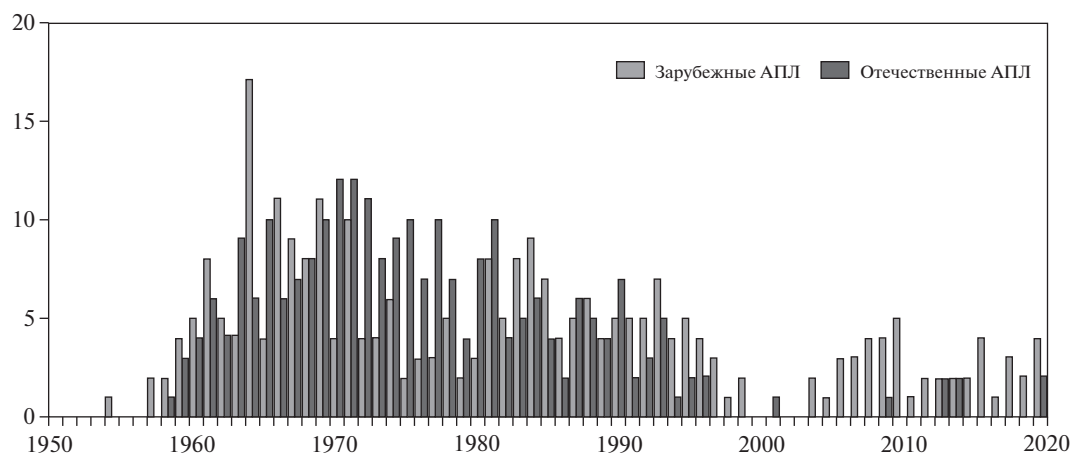


Рис. 7. Ежегодное количество зарубежных и отечественных АПЛ, вводимых в состав флотов государств

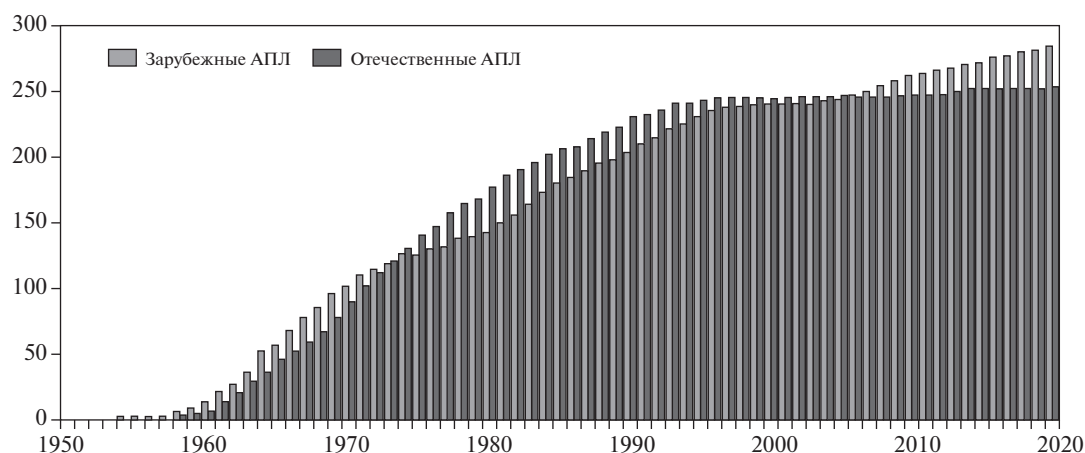


Рис. 8. Суммарное количество зарубежных и отечественных АПЛ, вводимых в состав флотов государств

и в первой половине 1980-х годов на воду сходило максимальное количество (до 10 и более единиц) зарубежных и отечественных АПЛ. В отдельные годы в США вводили в строй по 17 АПЛ, в нашей

стране — до 10–12 АПЛ. С середины 1970-х годов и до 2005 г. Россия (СССР) держала первенство по построенным субмаринам.

На отечественных АПЛ периодически происходила смена поколений ядерных реакторов (рис. 9). Общая тенденция усовершенствований была связана с увеличением ресурса активных зон, последовательным переходом к блочной компоновке основного оборудования и ориентацией на создание унифицированных образцов. Эти изменения позволили повысить надёжность и ремонтпригодность агрегатов и систем, а также улучшить общие виброакустические характеристики АПЛ.

В таблицах 2 и 3 представлены основные характеристики наших и зарубежных атомных подводных лодок — стратегических и многоцелевых. При этом для сравнения отобраны базовые проекты [4]. Итоговый вывод можно сформулировать так: отечественные подводные атомоходы создавались в русле мировых тенденций и практически по всем характеристикам не уступали зарубежным аналогам.

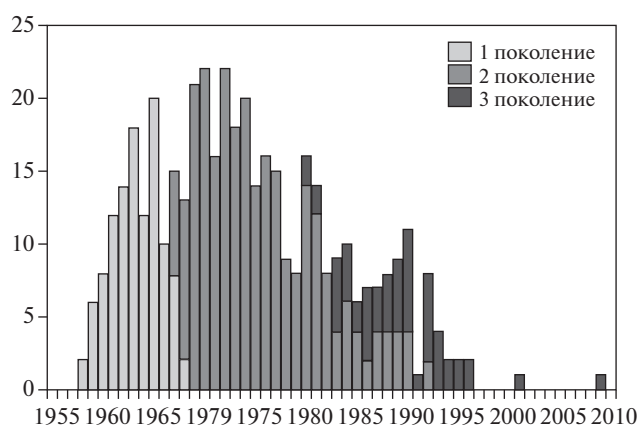


Рис. 9. Количество ежегодно вводимых в эксплуатацию корабельных ЯЭУ отечественных АПЛ

Таблица 2. Сравнение характеристик объектов отечественных и зарубежных АПЛ стратегического назначения

Основные ТТЭ	Ohio (США)	Triomphant (Франция)	Vanguard (Великобритания)	БДРМ (Россия)	Типа Борей (Россия)
Основные размерения:					
длина, м	170.8	138	149.3	167	160
ширина, м	12.8	12.5	12.8	12	13.6
осадка, м	10.8	10.7	10.1	8.8	9.7
Водоизмещение полное подводное, тыс. м ³	18.8	14.6	15.85	18	24
Мощность корабельной ЯЭУ, МВт	Нет данных	150	Нет данных	2 × 90	190
Мощность корабельной ПТУ (ГЭД), тыс. л.с.	60	41.5	30	2 × 20	43
Максимальная скорость полного ПХ, уз.	25	25	25	24	29
Оружие:					
количество БР	24	16	16	16	16
количество торпед	10	18	20	12	36
Глубина погружения предельная, м	550	500 (раб.)	400	400	480
Автономность, сут.	90	90	70	80–90	75
Коэффициент оперативного напря- жения	0.63	0.5	0.5	0.6	0.5

В то же время было бы неверным представлять процессы создания и последующей эксплуатации наших головных и серийных АПЛ как цепь непрерывных успехов [19]. На этом пути встречалось множество проблем, связанных прежде всего с

принципиально новой энергетикой, приобретением опыта эксплуатации АПЛ, становлением новых отраслей промышленности — атомного машиностроения и атомного судостроения. Назову лишь две из них: малая продолжительность кампании активных зон реакторов и низкая работоспособность парогенераторов из-за потери герметичности их трубными поверхностями. Острота проблем определялась, в частности, тем, что они напрямую сказывались на боеспособности атомного подводного флота. Недоработки, наряду с недостаточной надёжностью отдельных элементов основного оборудования и корпусных конструкций, негативно влияли на показатели интенсивности эксплуатации атомных подводных лодок и надводных кораблей с ЯЭУ.

На рисунке 10 представлены результаты исследования интенсивности использования отечественных и зарубежных АПЛ и надводных кораблей и судов с ЯЭУ по состоянию на начало 2016 г. [20]. На рисунках 11 и 12 дано сравнение интенсивности использования ЯЭУ американских и отечественных подводных лодок и надводных кораблей, а также атомных ледоколов, которая значительно (в 3–4 раза) превышала интенсивность и наработку основного оборудования корабель-

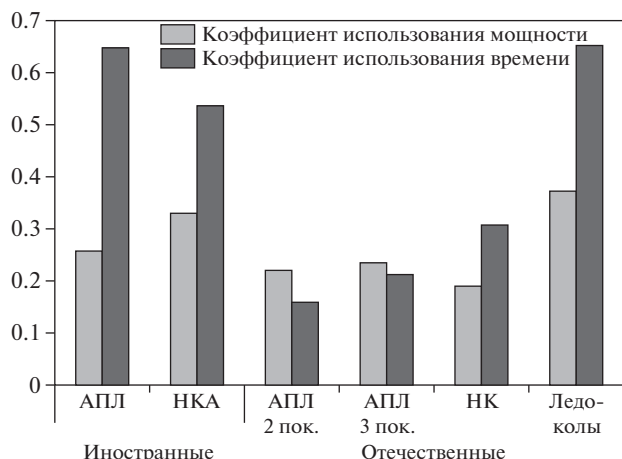

Рис. 10. Усреднённая интенсивность ежегодной эксплуатации иностранных и отечественных корабельных и судовых реакторов

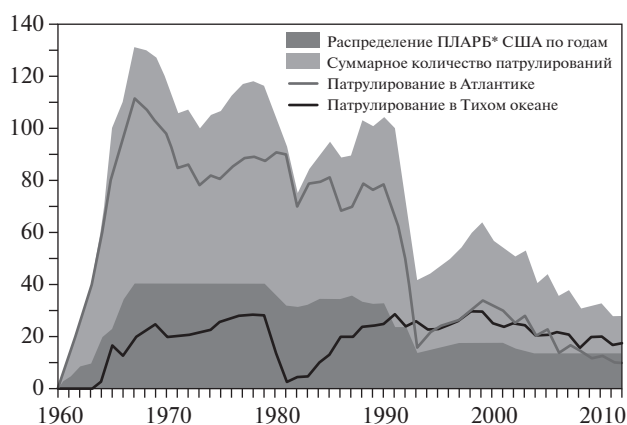
Таблица 3. Сравнение характеристик отечественных и зарубежных многоцелевых АПЛ

Основные ТТЭ	Virginia (США)	Barracuda (Франция)	Astute (Великобритания)	971 (Россия)	Типа Ясень (Россия)
Основные размерения:					
длина, м	115	99.4	97	110	135.2
ширина, м	10.5	8.8	11.3	13.6	12.3
осадка, м	9.3	7.3	10	9.6	9.4
Водоизмещение полное подводное, тыс. м ³	7.8	4.8	7.8	11.9	13.8
Мощность корабельной ЯЭУ, МВт	150	150	Нет данных	190	190
Мощность корабельной ПТУ, тыс. л.с.	40	2 × 13	27.5	43	43
Максимальная скорость полного ПХ, уз.	34	25	29	33	31
Ракетно-торпедное вооружение, ед.	40	20	38	40	40
Глубина погружения предельная, м	500	400	450	600	600
Автономность	90	70	85	100	100
Коэффициент оперативного напряжения	0.65	0.5	0.5	0.6	0.5

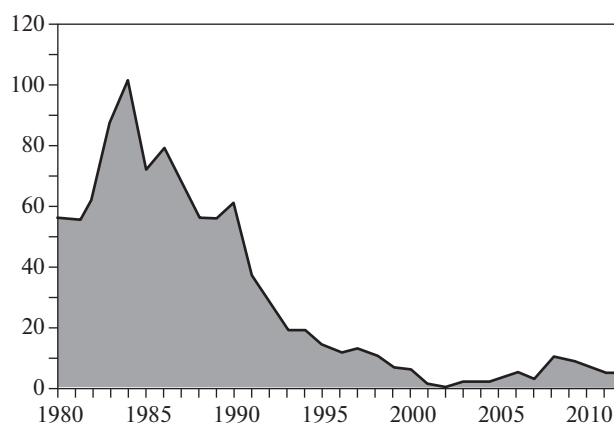
ных установок при сопоставимых сроках службы кораблей и судов с ЯЭУ. Интенсивность эксплуатации корабельных ядерных реакторов ВМС США в 2.5–3 раза выше интенсивности использования корабельных установок кораблей ВМФ. Более низкая интенсивность боевой службы наших АПЛ по сравнению с интенсивностью патрулирования АПЛ и надводных кораблей с ЯЭУ США объясняется меньшей продолжительностью кампании активных зон отечественных реакторов, что требовало более частых перезагру-

зок ядерного топлива. Другая причина, по-видимому, связана с меньшей надёжностью основного оборудования и корпусных конструкций. Однако жёсткий режим секретности, который последовательно соблюдается на протяжении всей истории американского атомного флота, не позволяет произвести достоверное сопоставление наших АПЛ по частоте и характеру отказов оборудования, а также по авариям, в том числе имеющим экологические последствия.

В конце 1980-х годов начался массовый вывод атомных подводных лодок из боевого состава

**Рис. 11.** Распределение интенсивности боевых служб зарубежных ракетных АПЛ в 1981–2012 гг.

*ПЛАРБ — подводная лодка атомная с баллистическими ракетами подводного пуска

**Рис. 12.** Распределение интенсивности боевых служб отечественных ракетных АПЛ в 1981–2012 гг.

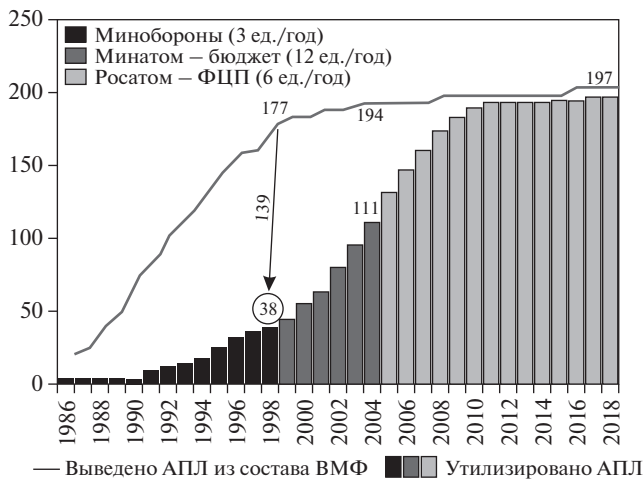


Рис. 13. Динамика вывода АПЛ из состава ВМФ и их утилизации

флота (рис. 13). Промышленная инфраструктура оказалась неподготовленной к их безопасной утилизации. Как результат — накопление хранящихся на плаву подводных лодок и многоотсеч-

ных реакторных блоков с отработавшим ядерным топливом. Пик этого накопления пришёлся на 1998 г., когда из 104 выведенных из состава Северного флота подводных лодок 79 оказались не-утилизированными, причём 75 из них находились в отстое с топливом на борту.

Успешному решению этой проблемы способствовало проведение ряда мероприятий. В 1998 г. государственным заказчиком-координатором комплексной утилизации атомных подводных лодок был назначен Минатом РФ. В 2003–2007 гг. в министерстве разработали Стратегический мастер-план (СМП) утилизации и экологической реабилитации выведенных из эксплуатации объектов атомного флота и их инфраструктуры в Северо-Западном регионе России — единую комплексную программу, обеспечивающую достижение научно обоснованных конечных целей и эффективное использование выделяемых ресурсов [21–23].

Обобщённый результат разработки Стратегического мастер-плана представлен на рисунке 14 в виде “дорожной карты”, на которой отображе-

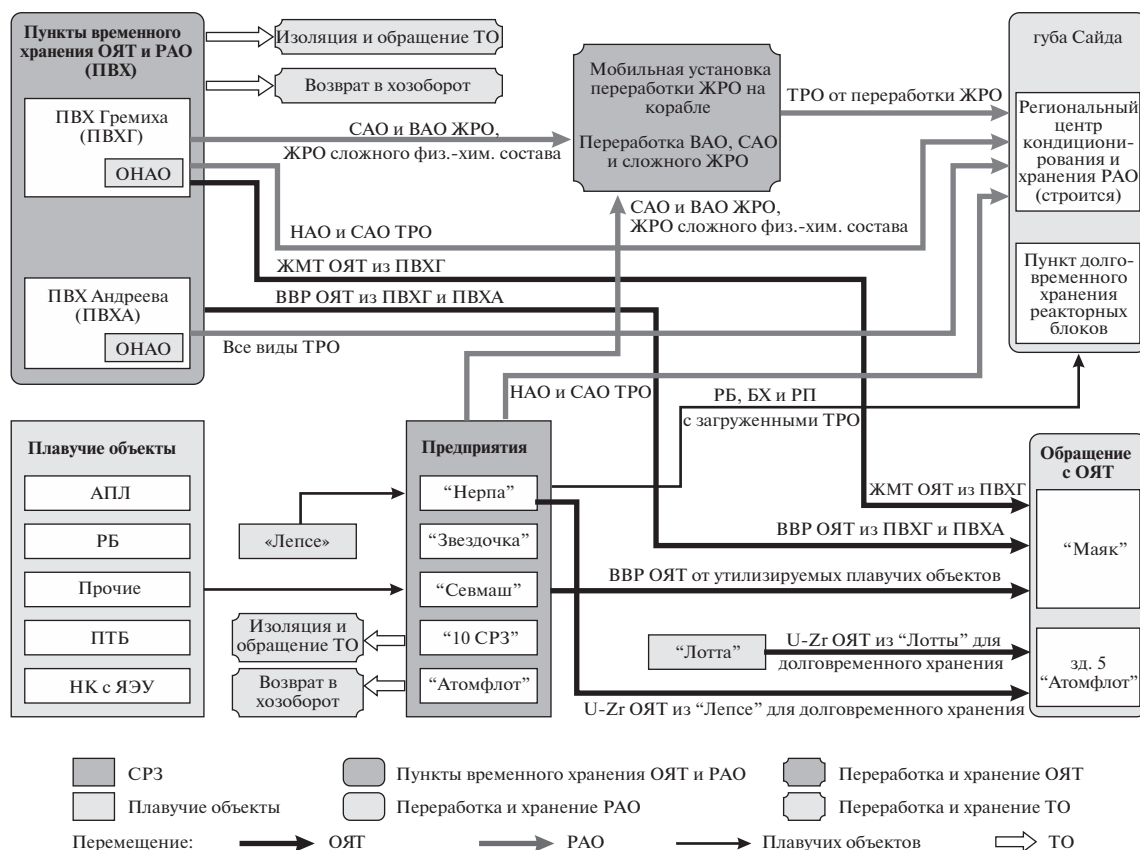


Рис. 14. Стратегия высшего уровня — “дорожная карта” Стратегического мастер-плана

Сокращения: ТО — токсичные отходы, ОНАО — очень низкоактивные отходы, ПТБ — плавучая техническая база, РБ — реакторный блок, ВВР ОЯТ — отработавшее ядерное топливо водо-водяных реакторов, ЖМТ ОЯТ — отработавшее ядерное топливо реакторов с жидкометаллическим теплоносителем, БХ — блок хранения, образуемый из хранилища топлива на ПТБ, РП — реакторное помещение при утилизации надводных кораблей и ледоколов, СРЗ — судоремонтный завод, НК с ЯЭУ — надводный корабль с ядерной энергетической установкой

Таблица 4. Итоговые данные по утилизации АПЛ по состоянию на конец 2020 г.

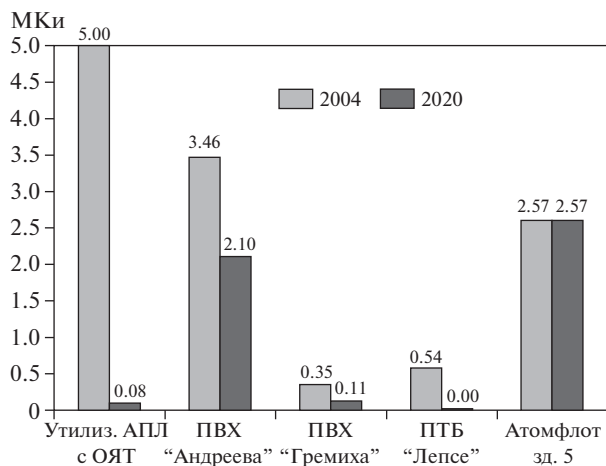
Атомные подводные лодки	Северный флот	Тихоокеанский флот	Всего
Выведено АПЛ из состава ВМФ	124	83	207
Утилизировано АПЛ	120	80	200
АПЛ в стадии утилизации		1	1
АПЛ ожидают утилизации	3	2	5
Особое решение (Б-159)	1		1
АПЛ с невыгруженным ОЯТ	4		4
АПЛ с выгруженным ОЯТ	120	81	201
Реакторные блоки и отсеки	Северный флот	Тихоокеанский флот	Всего
Многоотсечные реакторные блоки			
На стапеле (в доке)		4	4
На плаву	1	9	10
В пункте изоляции (с ОЯТ)		2	2
Реакторные отсеки			
Сформировано	123	65	188
Размещено в пунктах долговременного хранения	123	65	188

ны все объекты утилизации (корабли, базы и пр.), и объекты инфраструктуры (заводы, хранилища, места переработки топлива и отходов), а также потоки продуктов утилизации в места безопасно-

го хранения или окончательной изоляции. Реализация плана в целом проходила в соответствии с “дорожной картой”, хотя по ходу работ принимались необходимые корректирующие решения.

Данные по итогам выполненных к настоящему времени работ по утилизации кораблей и радио-экологической реабилитации объектов обслуживающей их инфраструктуры представлены в таблице 4. На Северо-Западе утилизированы все атомные подводные лодки, входившие в первоначальный мастер-план (включая аварийные). В работе лишь три вновь выведенных из состава ВМФ корабля, и теперь их утилизация – уже рутинный процесс. Сходная ситуация и на Дальнем Востоке. На рисунке 15 показан масштаб проблемы ликвидации потенциальных угроз обширного радиационного загрязнения Северо-Западного региона. Более половины основного радиационного ядерного потенциала, накопленного в отработавшем ядерном топливе, удалено из региона, топливо переработано на Производственном объединении “Маяк”. Интенсивный вывоз отработавшего топлива из хранилища в губе Андреева продолжается и может быть завершён в текущем десятилетии.

Строительство мощного отечественного атомного флота, создание масштабной инфраструктуры его обслуживания, успешная эксплуатация новой для флота техники способствовали решению возложенных на ВМФ стратегических и опе-



Суммарная активность ядерных материалов, млн Ки		
Регионы	2004	2019
Дальний Восток	3.7	Удалена в 2014 г.
Северо-Запад	11.93	4.86

Рис. 15. Изменение радиационного потенциала от ОЯТ в Северо-Западном регионе РФ с начала и после завершения массовой утилизации

Таблица 5. Количество атомных подводных лодок с баллистическими ракетами подводного пуска (ПЛАРБ) и ядерных зарядов на них в США и СССР

Год	США		СССР	
	ПЛАРБ/пусковые установки	Ядерные заряды	АПЛ с баллистическими ракетами/пусковые установки	Ядерные заряды
1960	3/48	48		
1967	41/656	1552	2/32	32
1970	41/656	2048	20/316	316
1975	41/656	4536	55/724	724
1981	40/648	5280	62/950	2000
1984	39/656	~6000	62/940	~2500
1986	38/672	~7000	61/922	~3000

ративно-тактических задач и обеспечили паритет в противостоянии с боевым потенциалом западного блока в годы холодной войны. Этому в немалой степени способствовала хорошо продуманная и чётко организованная упреждающая подготовка кадров. Основное внимание при этом было уделено подготовке высококвалифицированных инженерных кадров ядерно-энергетического профиля. Созданному незадолго до пуска на воду первой АПЛ Севастопольскому высшему военно-морскому инженерному училищу (СВВМИУ) было поручено начать подготовку инженерных кадров для атомных подводных лодок. Через год такая же задача была поставлена ленинградскому Высшему военно-морскому инженерному училищу им. Ф.Э. Дзержинского. Но по числу выпускаемых специалистов СВВМИУ в течение всех последующих лет оставалось основной базой подготовки инженерных кадров ядерного профиля для интенсивно создающегося советского атомного подводного флота. Иллюстрацией уровня подготовки инженерных кадров для АПЛ служит техническое оснащение училища. Здесь были построены единственный в мире в составе вуза учебно-исследовательский реактор ИР-100, учебно-лабораторный комплекс со всеми основными элементами ядерной энергетической установки АПЛ второго поколения (пр. 670), подкритическая уран-водная сборка с блоками из природного урана, мощный по тому времени вычислительный центр, опытовый гидродинамический бассейн, поточные аудитории, оснащённые индивидуальными электронными тренажерами, и множество других учебных и исследовательских установок и стендов. Учебный процесс сочетался с масштабной исследовательской работой, в которую активно вовлекались и курсанты. Неслу-

чайно министр обороны маршал Советского Союза Д.Ф. Устинов своим приказом в 1983 г. объявил Севастопольское училище лучшим высшим военным учебным заведением страны.

Я начал с того, что Военно-морской флот встретил предложение Минсредмаша о разработке ядерной силовой установки для подводной лодки весьма сдержанно. Отношение ВМФ к работам по созданию подводной лодки с ядерной энергетической установкой резко изменилось после назначения главнокомандующим адмирала С.Г. Горшкова. Стране по-настоящему повезло, что именно в те годы Академию наук возглавлял Анатолий Петрович Александров, которого по праву называют отцом отечественного атомного флота, Военно-морской флот – адмирал флота Советского Союза Сергей Георгиевич Горшков, Министерство среднего машиностроения – Ефим Павлович Славский, Министерство судостроительной промышленности – Борис Евстафьевич Бутoma. Все они, несомненно, были выдающимися государственными деятелями, талантливыми руководителями, яркими и неординарными личностями. Особо хотелось бы отметить исключительно слаженную работу Главкомата Военно-морского флота во главе с С.Г. Горшковым и возглавляемого академиком А.П. Александровым главного штаба отечественной науки – Академии наук СССР, чему в немалой степени способствовала и их личная дружба.

В 1980–1990-е годы в СССР/России удалось создать достаточно эффективную группировку ракетных подводных лодок стратегического назначения, образовавшую костяк морских сил стратегического ядерного сдерживания, и выработать действенные меры по обеспечению их боевой устойчивости (табл. 5) [24]. В свою оче-

редь многоцелевые атомные подводные лодки, наряду с задачей обеспечения боевой устойчивости своих стратегических ракетных подводных лодок, были способны вести поиск и при обнаружении длительное слежение за ракетными подводными лодками вероятного противника.

Атомный подводный флот осуществлял ядерное сдерживание и контролировал важные стратегические районы Мирового океана. В 1980–1990-х годах ВМФ СССР достиг стратегического паритета с ВМФ США и стал вторым флотом в мире. Подводный флот предотвратил возможность нападения на СССР и обеспечил сохранение мира или мирного сосуществования двух великих морских держав.

С началом 1990-х годов при вынужденном выводе в резерв большого количества кораблей баланс военно-морских потенциалов, соперничающих в Мировом океане стран, был резко нарушен, после чего понятие “ядерный паритет” потеряло военно-политический смысл. Реалии сегодняшнего дня говорят о том, что развитие подводных сил России как главного рода сил ВМФ постоянно находится в центре внимания всех структур, отвечающих за обороноспособность нашего Отечества. Объективные условия вооружённой борьбы в ядерной войне выдвигают в качестве одного из основных компонентов ударной силы ракетно-ядерный флот, где рационально сочетаются новейшие достижения науки и техники, огромная ударная мощь и мобильность, живучесть стратегических средств и высокая готовность к их немедленному использованию.

Работы по внедрению ЯЭУ на морские суда, корабли ВМС и глубоководные аппараты продолжаются, в том числе с отработкой основного оборудования на стендах, в Аргентине, Бразилии, Великобритании, Индии, Иране, Канаде, Китае, Пакистане, США, Франции, Японии и в других странах. К объективным преимуществам кораблей с ЯЭУ относят их повышенную скрытность и практическое отсутствие выбросов парниковых газов. Это позволяет говорить о том, что ядерная энергетика и в дальнейшем должна обеспечивать энергетические потребности кораблей океанской зоны.

Среди особенностей строящихся и проектируемых корабельных ЯЭУ следует назвать внедрение модернизированной, более компактной по конструкции реакторной установки, которая отличается меньшим числом компонентов и существенно большей энергонапряжённостью по сравнению с эксплуатируемыми установками; применение перспективных технологий, обеспечивающих значительное снижение стоимости технического обслуживания; повышение долговечности реакторного оборудования с учётом

проектов, предусматривающих длительный (до 45–50 лет) срок службы корабля.

Перечислю основные тенденции развития корабельной ядерной энергетики: использование ЯЭУ с водо-водяными реакторами при их стендовой отработке на временных базах; унификация и эволюционное развитие ЯЭУ для большой серии кораблей; повышение надёжности и безопасности, улучшение вольтамперной характеристики корабельных ЯЭУ; увеличение продолжительности кампании активной зоны.

Опыт интенсивной эксплуатации и тенденции развития зарубежных корабельных ЯЭУ необходимо использовать для создания перспективных отечественных кораблей и судов при формировании их облика, а в последующем — основного реакторного и энергетического оборудования. При этом следует использовать наработки, направленные на повышение безопасности и надёжности эксплуатации корабельных систем и механизмов, оптимизацию их массогабаритных, виброакустических и экономических характеристик.

В заключение обобщим исторические уроки, полученные в ходе решения грандиозной задачи создания отечественного атомного флота, обеспечившего геополитический паритет в противостоянии нашей страны западному блоку:

- создание отечественного атомного флота стало возможным благодаря достигнутому в СССР высокому потенциалу в различных областях знаний, а также беспрецедентной концентрации производственных и людских ресурсов;
- создание принципиально новых образцов боевых и технических средств без учёта должного опыта позволило использовать нетрадиционные подходы, что стало определённым преимуществом, но было связано с риском принятия неоптимальных или даже ошибочных решений;
- в ходе технического прогресса, несомненно, к позитивным факторам можно отнести опережающую инициативу научных и производственных коллективов; рынок, потребитель прагматичны и даже консервативны, их интересы диктуются сегодняшним днём, в крайнем случае, ближайшими перспективами;
- к важным условиям реализации новых идей и решений относится продуманная и организованная система подготовки высококвалифицированных кадров;
- непродуманность и необеспеченность всех этапов жизненного цикла изделия чревата серьёзными проблемами и неизбежно ведёт к материальным издержкам;
- количество построенных АПЛ, несомненно, оказывает влияние на паритет военно-стратегических потенциалов противоборствующих группировок, в то же время непереносимое стремление

опередить противника по количественным параметрам может привести к отставанию в ключевых технических и боевых характеристиках создаваемого изделия (виброакустика, скрытность, продолжительность кампании на одной загрузке активной зоны, надёжность и долговечность энергетической установки, общекорабельных систем и корпусных конструкций, коэффициент использования мощности и общее время пребывания АПЛ на боевой службе);

- важнейшее условие при реализации масштабных проектов — допускаемое целевым назначением ограничение номенклатуры проектов и унификация основного оборудования.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаю благодарность профессору капитану 1 ранга С.А. Петрову за обсуждение и предоставленные сравнительные статистические данные по динамике ввода в строй и эксплуатации отечественных и зарубежных АПЛ и надводных кораблей с ЯЭУ, а также моим коллегам кандидату физико-математических наук М.Н. Кобринскому, капитанам 1 ранга Б.Н. Филину и П.А. Шведову за помощь в подготовке статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Российская наука — Военно-морскому флоту / Под общей ред. академика А.А. Саркисова. М.: Наука, 1997.
2. Роль российской науки в создании отечественного подводного флота / Под общей ред. академика А.А. Саркисова. М.: Наука, 2008.
3. *Hahn O., Meitner L.* Die Muttersubstanz des Actiniums, ein neues radioaktives Element von langer Lebensdauer // *Phys. ZS. Bd. 19. № 10. S. 208—218*
4. Дайджест зарубежной прессы по вопросам кораблестроения. СПб.: ФГУП “Крыловский ГНЦ”, 1992—2020. № 1—94.
5. *Новиков И.И.* Термодинамика. Л.: Судостроение, 1984.
6. *Кутателадзе С.С.* Основы теории теплообмена. Изд-е 5-е перераб. и доп. М.: Атомиздат, 1979.
7. *Лаврентьев М.А., Шабат Б.В.* Проблемы гидродинамики и их математические модели. М.: Наука, 1973.
8. *Сташкевич А.П.* Акустика моря. СПб.: Судостроение, 1966.
9. *Андреева И.Б.* Физические основы распространения звука в океане. Л.: Гидрометеиздат, 1975.
10. Акустика океана / Под ред. Л.М. Бреховских. М.: Наука, 1974.
11. *Зюзефович А.П., Огородова Л.В.* Гравиметрия. М.: Недра, 1980.
12. Ледяные образования морей Западной Арктики / Под ред. Г.К. Зубакина. СПб.: ААНИИ, 2006.
13. *Апальков Ю.В.* Подводные лодки ВМФ СССР. Справочник. СПб.: Галей Принт, 2006.
14. *Горынин И.В., Леонов В.П., Михайлов В.И.* Морские титановые сплавы // *Судостроение*. 2009. № 5(786). С. 22—24.
15. *Дергачёв Ф.Г.* Первая в мире титановая высокоскоростная подводная лодка проекта 661 // *Судостроение*. 2007. № 2(771). С. 19—24.
16. Отечественные подводные лодки. Проектирование и строительство / Под общей ред. академика РАН В.М. Пашина. СПб.: ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова, 2004.
17. *Разлётков Б.К.* История Санкт-Петербургского морского бюро машиностроения “Малахит”. В 4-х томах. Т. 1. Специальное конструкторское бюро № 143 — Союзное проектно-монтажное бюро машиностроения, 1948—1974 годы. СПб.: СПМБМ “Малахит”, 2002.
18. *Григорьев Б.В.* Корабль, опередивший время (история создания и эксплуатации атомных подводных лодок проекта 705). СПб.: Тайфун, 2003.
19. *Петров С.А., Василенко В.А., Каплиенко А.В.* Перспективы развития корабельных ЯЭУ зарубежных государств. СПб.: ООО “Литография СПб”, 2014.
20. *Лобнер П.* Морская атомная энергетика: 1939—2018. Слайдовый доклад с данными о российских кораблях с ЯЭУ, их системах вооружения, а также о тенденциях развития морской атомной энергетики в России на период до 2030 года.
21. Стратегические подходы к решению экологических проблем, связанных с выведенными из эксплуатации объектами атомного флота на Северо-Западе России / Под ред. академика А.А. Саркисова. М.: Наука, 2010.
22. Радиоэкологические последствия эксплуатации и утилизации объектов атомного флота в Дальневосточном регионе / Под ред. академика А.А. Саркисова. М.: Институт проблем безопасного развития атомной энергетики, 2010.
23. Strategic Master Plan for Decommissioning of the Retired Russian Nuclear Fleet and Environmental Rehabilitation of Its Supporting Infrastructure in Northwest Russia. Programme of Priority Project. Moscow, 2006.
24. Откуда исходит угроза миру. М.: Воениздат, 1987.

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОБЩЕГО СОБРАНИЯ ЧЛЕНОВ РАН
“75 ЛЕТ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ. ВКЛАД АКАДЕМИИ НАУК”

КОСМИЧЕСКАЯ ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

© 2021 г. Ю. Г. Драгунов^{a,b,*}

^a Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники им. Н.А. Доллежалея, Москва, Россия

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

*E-mail: Yury.Dragunov@nikiet.ru

Поступила в редакцию 29.12.2020 г.

После доработки 11.01.2021 г.

Принята к публикации 18.01.2021 г.

В статье приведены данные о разработке ядерных энергетических установок для использования в космических аппаратах — ядерных ракетных двигателей и ядерных энергетических установок. Представлена информация о создании реакторной установки для транспортно-энергетического модуля на основе ядерной энергодвигательной установки мегаваттного класса. Изложены результаты исследований, включая моделирование нейтронной физики, теплообмена и газодинамики, испытаний полномасштабных макетов основных узлов реакторной установки и проведения контрольного физического пуска.

Ключевые слова: ядерная энергетика, ядерный ракетный двигатель, прямое преобразование энергии, турбомашинное преобразование энергии, газоохлаждаемый реактор.

DOI: 10.31857/S0869587321050066

Невозможно переоценить важность освоения космического пространства. Космос сегодня — это глобальная спутниковая связь и телевидение, высокоточная космическая навигация, метео- и экологический мониторинг, дистанционное зондирование Земли с целью изучения природных ресурсов, картографии, фундаментальные космические исследования, пилотируемые полёты на долговременных орбитальных станциях с выполнением программы научно-прикладных исследований. Трудно переоценить и значение энергетики для успешного решения этих задач [1].

4 октября 1957 г. был запущен первый искусственный спутник Земли. Вскоре после этого со-

бытия И.В. Курчатов пригласил в Лабораторию измерительных приборов АН СССР — будущий Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова (ныне — НИЦ “Курчатовский институт”) ведущих представителей атомной, авиационной и космической науки и техники. Он поздравил С.П. Королёва с успешным запуском спутника и поставил задачу создания ядерных энергетических источников для космоса — ядерного ракетного двигателя (ЯРД) и ядерной энергетической установки (ЯЭУ).

Работы развивались стремительными темпами. 13 января 1958 г. прошло совещание по разработке мощного импульсного реактора, 27 марта того же года рассмотрены основы проекта. 13 мая 1958 г. вышло постановление Правительства СССР о создании на объекте 905 Министерства обороны — Семипалатинском ядерном полигоне — высокотемпературного импульсного графитового реактора (ИГР). Реактор взрывного действия, как его называли, предназначался для высокотемпературных динамических испытаний топливных и конструкционных материалов. Научное руководство реакторным комплексом было поручено Институту атомной энергии (ИАЭ) им. И.В. Курчатова, главным конструктором реактора назначили НИКИЭТ.



ДРАГУНОВ Юрий Григорьевич — член-корреспондент РАН, научный руководитель космических ядерных установок НИКИЭТ им. Н.А. Доллежалея, заведующий кафедрой ядерных реакторов и установок МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Таблица 1. Результаты, достигнутые в СССР и США по программам ЯРД

Параметр	СССР	США	
Тепловая мощность реактора, МВт	230	4100	
Расход водорода, кг/с	16	120	
Максимальная температура водорода на выходе из реактора, К	3100	2550	2200
Ресурс работы на макс. температуре, с	4000	50	2400
Максимальный удельный импульс тяги, с	940	850	
Средняя/максимальная плотность энерговыделения в активной зоне, кВт/см ³	15/25	2.3/5.2	
Принципы отработки и создания	Поэлементный	Интегральный	
Затраченные средства, млрд \$	0.3	2.0	

В июне 1960 г. состоялся физический пуск ИГР, в августе 1961 г. — энергетический пуск, в 1962–1963 гг. на реакторе был выполнен комплекс испытаний модельных тепловыделяющих сборок до температуры 3000° по шкале Кельвина. Результаты экспериментов на ИГР стали базой для подготовки постановления Правительства СССР от 13 августа 1964 г. о сооружении исследовательского гетерогенного высокотемпературного газоохлаждаемого реактора канального типа ИВГ.1 для испытания и отработки полномасштабных узлов ядерного ракетного двигателя (научный руководитель — ИАЭ им. И.В. Курчатова, главный конструктор — НИКИЭТ).

С января 1970 г. управление созданием стендовой базы на Семипалатинском ядерном полигоне было сосредоточено в филиале Подольского научно-исследовательского технологического института (ПНИТИ) — Объединённой экспедиции. В 1975 г. стендовый комплекс с реакторами ИВГ.1 и ИРГИТ ввели в эксплуатацию. За время работы в режиме ЯРД на нём испытано более 200 тепловыделяющих сборок четырёх модификаций активных зон.

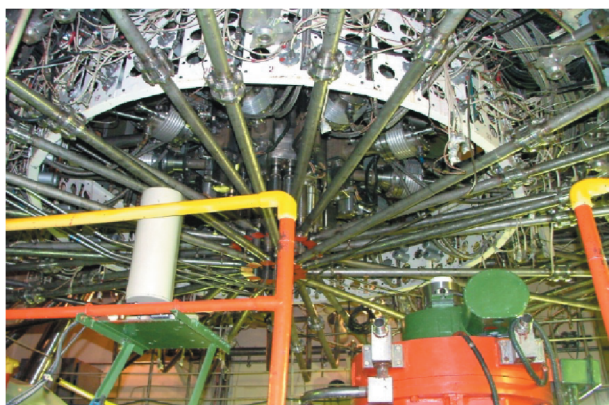
В исследованиях по проблемам создания ЯРД сформировались два направления. На одном направлении (ИАЭ, НИКИЭТ, ПНИТИ) концентрировались усилия по отработке полномасштабных элементов в специально созданном для этих целей реакторе с возможностью изменения состава и конструкции активной зоны. На втором направлении, сосредоточенном в Физико-энергетическом институте (ФЭИ) и НИИ тепловых процессов (НИИТП), развитие работ шло по пути создания ЯРД на базе реактора минимальных размеров.

26 февраля 1971 г. вышло постановление Правительства СССР о проведении стендовой отработки и создании ядерного ракетного двигателя с тягой 400 кН, получившего индекс 11Б91. Конструкторское бюро химавтоматики назначили главным конструктором двигателя, НИИТП (ныне — ФГУП “Центр Келдыша”) — научным руководителем.

На рисунке 1 показаны наземные прототипы отечественных ядерных ракетных двигателей, испытанных на Семипалатинском ядерном полигоне. Работы по созданию ядерного ракетного двигателя изложены в монографии [2, 3]. Следует отметить значительную роль НИИТП (ФГУП “Центр Келдыша”) в изучении теплофизики ЯРД, материаловедческих проблем, разработке совместно с НИИ-9 (ныне — Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов им. А.А. Бочвара) первой конструкции тепловыделяющей сборки, в сотрудничестве с ФЭИ — реактора минимальных размеров ИР-20 и ИР-100, газофазного реактора, технического задания на проектирование испытательной базы, наземного прототипа ЯРД.

Результаты, достигнутые СССР по программе ЯРД, приведённые в таблице 1, показывают существенное преимущество параметров ЯРД по сравнению с аналогом в США, особенно по температуре водорода на выходе из реактора.

Важнейшее направление работ в области ЯЭУ космического назначения — установки с прямым преобразованием энергии. Первая из них — термoeлектрический реактор-преобразователь “Ромашка” — была создана в ИАЭ им. И.В. Курчатова в кооперации с ПНИТИ (НИИ НПО “Луч”) и Сухумским физико-техническим институтом. Реактор-преобразователь, пуск которого состо-



Реактор ИВГ.1



Реактор ИГР



ЯРД 11Б91

Рис. 1. Наземные прототипы ядерных ракетных двигателей СССР

ялся 14 августа 1964 г., испытывался в непрерывном режиме около 15000 ч, выработав примерно 6100 кВт · ч электроэнергии.



С 1960 г. в стране начали наращивать работы по созданию космических средств, обеспечивавших наведение нового поколения противокорабельных крылатых ракет. ЯЭУ для этих систем производились в НПО «Красная звезда», Физико-энергетический институт осуществлял научное руководство и разрабатывал электрогенерирующие каналы. Специалисты предложили два типа ЯЭУ: с термоэлектрическим преобразованием тепловой энергии ядерного реактора в электрическую («Бук») и с термоэмиссионным преобразованием («Топаз-1»). Основные параметры реакторных установок, прошедших лётно-космические испытания в составе ЯЭУ, представлены в таблице 2. Всего осуществлён 31 пуск космических аппаратов с ЯЭУ «Бук» и 2 пуска космических аппаратов с ЯЭУ «Топаз-1». Параллельно разрабатывалась ядерная энергетическая установка «Енисей» (главный конструктор — Центральное конструкторское бюро машиностроения, научный руководитель — ИАЭ им. И.В. Курчатова, технолог и разработчик электрогенерирующих каналов — ПНИТИ/НПО «Луч»). К 1988 г. установка прошла

полный цикл наземных испытаний, подтвердив требуемые параметры и ресурс 1.5 года, на основе расчётного моделирования была показана возможность достижения трёхгодичного ресурса. Важнейший вклад в создание установок с прямым преобразованием энергии и ядерных ракетных двигателей внёс академик Н.Н. Пономарёв-Степной.

В 1997–2009 гг. были предложены концептуальные проекты космических ядерных энергосистем, что позволило с учётом предшествующего опыта перейти к созданию ЯЭУ мегаваттного класса с турбомашинным преобразованием энергии. Инициатором этих работ стал академик А.С. Коротеев (ФГУП «Центр Келдыша»).

Предприятиями Госкорпорации «Росатом» разработан проект реакторной установки на основе быстрого газоохлаждаемого реактора, где в качестве теплоносителя применяется гелий-ксенонная смесь. Схема ЯЭУ приведена на рисунке 2. Технические характеристики этой установки существенно выше, чем у мировых аналогов, температура теплоносителя на выходе из реактора — до 1500° по шкале Кельвина, срок службы — не менее 10 лет [4, 5]. Работы по данному проекту открыли принципиально новый этап в создании ЯЭУ для

Таблица 2. Реакторные установки, прошедшие лётно-космические испытания в составе ЯЭУ

Основные параметры	SNAP – 10A 	ЯЭУ “Бук” 	ЯЭУ “Топаз-1” 
			
Страна	США	СССР	СССР
Тип ЯЭУ	Термоэлектричество	Термоэлектричество	Термоэмиссия
Тип реактора	Тепловой	Быстрый	Тепловой
Загрузка	4.3	30	11.5
Тепловая мощность, кВт	34	100	150
Электрическая мощность, кВт	0.5	3	5
Масса ЯЭУ, кг	450 (125 – ЯР)	930	980
Теплоноситель	NaK	NaK	NaK
Температура теплоносителя	803	973	880
Топливо	Смесь гидрида циркония и урана	Уран-молибденовый сплав	Диоксид урана
Год	1965	1970–1988 (31 пуск)	1987–1988 (2 пуска)
Подтверждённый ресурс	43 сут	4400 ч	142 и 340 сут
Орбита, км	1300	300	800

космических аппаратов. Техническим заданием мощность установки удалось увеличить более чем на два порядка, ресурс – на порядок больше по сравнению с ЯЭУ, прошедшими лётные испытания. Это была командная работа. НИКИЭТ им. Н.А. Доллежалея выполнял роль головного исполнителя и главного конструктора реакторной установки. В проекте участвовали РНЦ “Курчатовский институт” (научный руководитель, разработчик нормативной документации по ядерной и радиационной безопасности), ведущие институты научного блока ГК “Росатом” (ФЭИ, НИИ НПО “Луч”, НИИ атомных реакторов, НИИ реакторного материаловедения), федеральные ядерные центры, комбинаты и заводы, обеспечивавшие изготовление топлива и теплоделяющих элементов, предприятия ГК “Роскосмос” (ФГУП “Центр Келдыша”, РКК “Энергия”, НПО “Машиностроение”), академические учре-

ждения (Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Институт физики твёрдого тела РАН), образовательные вузы (МГТУ им. Н.Э. Баумана, МЭИ и МИФИ).

Проект выполнен с использованием современного суперкомпьютера, позволившего на основе 3D-моделирования обеспечить ему высокое качество и оптимизировать программу экспериментальной отработки реакторной установки. Уже проведены исследования, связанные с изменением свойств топлива и конструкционных материалов в условиях облучения в реакторе, моделирование нейтронной физики, теплообмена и газодинамики, испытание полномасштабных макетов основных узлов реакторной установки: корпуса реактора, радиационной защиты, приводов системы управления и защиты, регулирующих органов, фрагментов активной зоны. На ри-

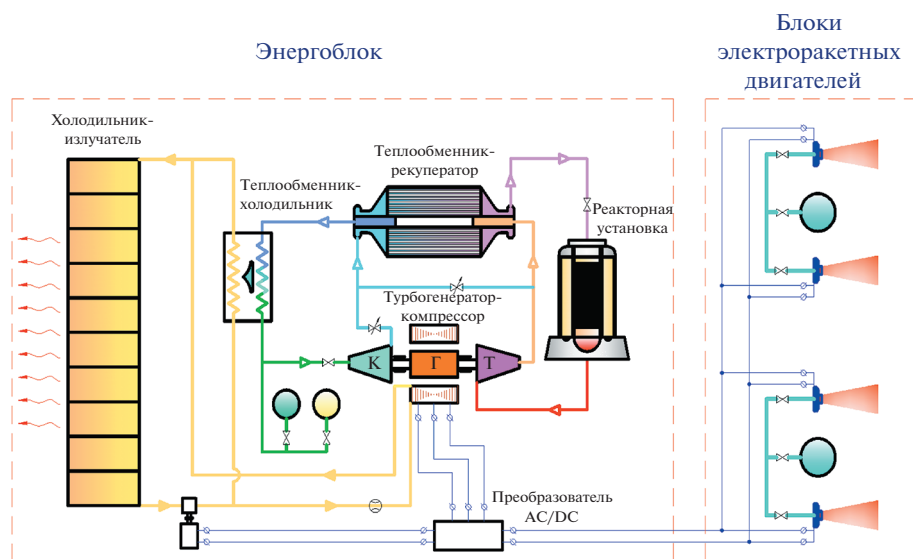


Рис. 2. Схема ядерной энергодвигательной установки

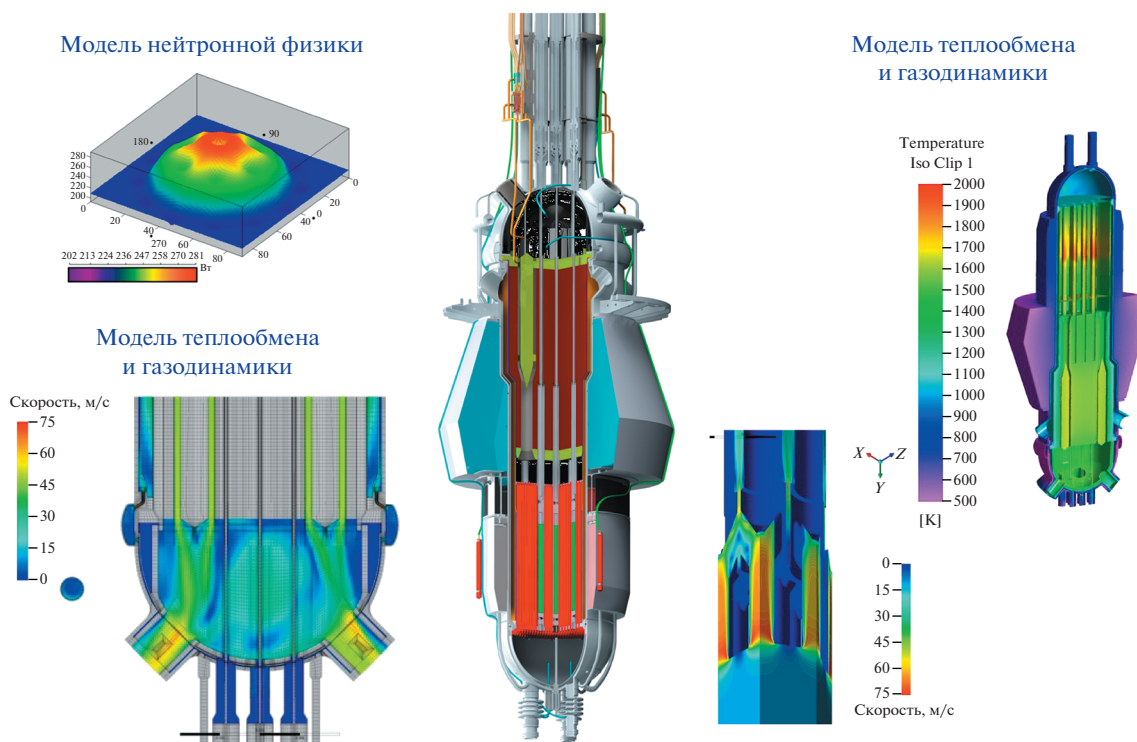


Рис. 3. Моделирование нейтронной физики, теплообмена и газодинамики

сунке 3 представлены результаты моделирования нейтронной физики, теплообмена и газодинамики, в процессе которого выработаны рекомендации по расчёту коэффициентов теплопередачи и термодинамическим свойствам гелий-ксенонной смеси [6], на рисунке 4 — результаты экспериментов, проведённых для верификации расчётных кодов.

В АО «НИКИЭТ» выполнен комплекс расчётов с использованием верифицированных кодов для обоснования проекта реакторной установки, включая анализ её безопасности в различных режимах. Специалисты Российского федерального ядерного центра — Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной физики (РФЯЦ–ВНИИЭФ) провели расчётные

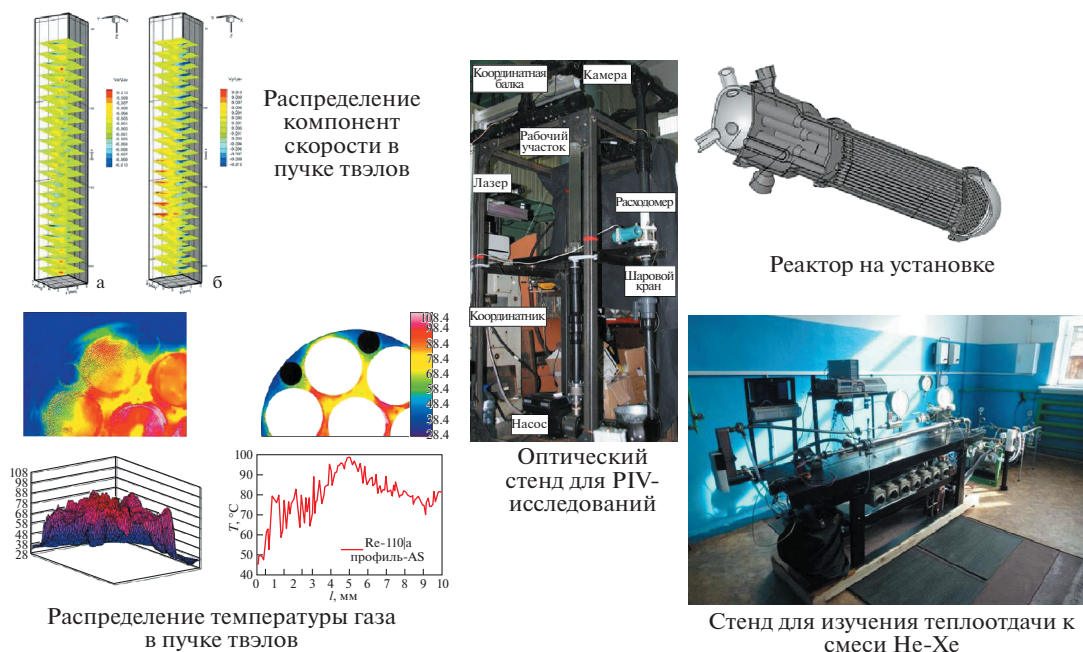


Рис. 4. Эксперименты для верификации расчётных кодов



Рис. 5. Полномасштабный макет корпуса реактора

работы по обоснованию безопасности установки при аварийных ситуациях, связанных с падением космического аппарата на землю. Всё это позволило перейти к отработке технологии изготовления оборудования, созданию и испытанию полномасштабных макетов корпуса реактора (рис. 5).

Особое внимание уделялось конструкции и технологии изготовления ТВЭЛ, их испытанию в исследовательских реакторах. В ФЭИ и НИИ НПО "Луч" создали технологию изготовления оболочек ТВЭЛ из монокристалла молибдена с

ниобием длиной до 900 мм, в РФЯЦ–ВНИИЭФ изготовили и испытали блоки радиационной защиты (рис. 6) и регулирующие органы системы управления и защиты. Результаты подтвердили характеристики, заложенные в проекте. В обоснование работоспособности активной зоны в ПАО "Машиностроительный завод" испытали макет фрагмента активной зоны реакторной установки на стойкость к воздействию сейсмических и эксплуатационных нагрузок (рис. 7). В НИИ атомных реакторов и НИИ реакторных материа-

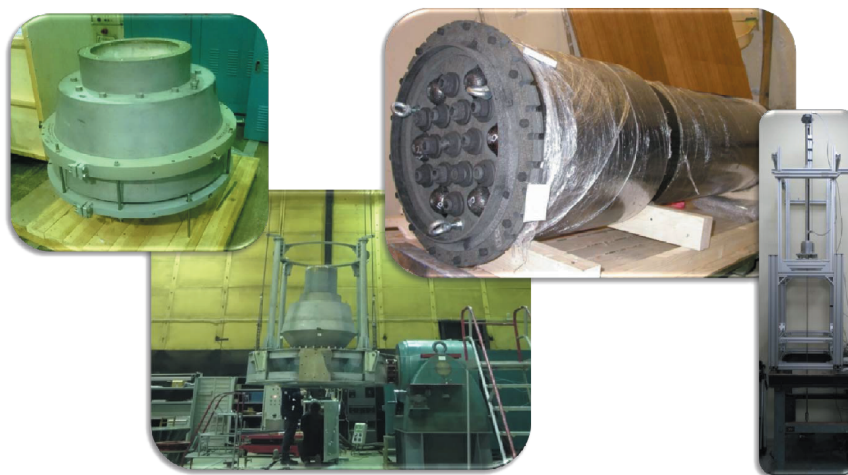


Рис. 6. Блоки внутренней и наружной радиационной защиты

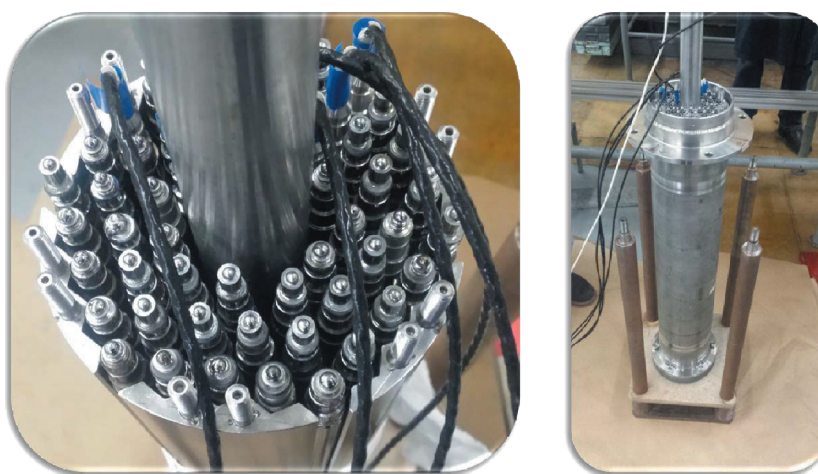


Рис. 7. Фрагмент активной зоны

лов выполнили комплекс ампульных и полноразмерных испытаний твэлов. Послереакторные исследования подтвердили их расчётные ресурсные характеристики. На рисунке 8 представлена информация о петлевых испытаниях фрагмента активной зоны реактора.

На завершающем этапе был изготовлен полномасштабный конструкторско-технологический макет реактора с полным комплектом тепловыделяющих элементов. После контрольной сборки активной зоны состоялся физический пуск установки. В ходе исследований удалось измерить ряд нейтронно-физических характеристик: критическую загрузку активной зоны; интегральную и дифференциальную эффективность регулирующих органов системы управления и защиты и каждой группы регулирующих органов; начальный запас реактивности при штатной загрузке и положение регулирующих органов си-

стемы управления защиты, которое компенсирует запас реактивности. Экспериментальные результаты хорошо совпали с расчётами.

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы позволили подтвердить выполнение основных технических требований к реакторной установке, отработать технологию изготовления оборудования, создать производственные комплексы, модернизировать испытательную базу, обеспечить соответствие параметров ЯЭУ экспериментальным данным. Таким образом, были подтверждены основные технические характеристики реакторной установки, её ядерная и радиационная безопасность и реализуемость проекта в целом. Результаты работ по созданию перспективных космических ядерных электроэнергетических и двигательных установок стали важной основой для разработки с участием Российской

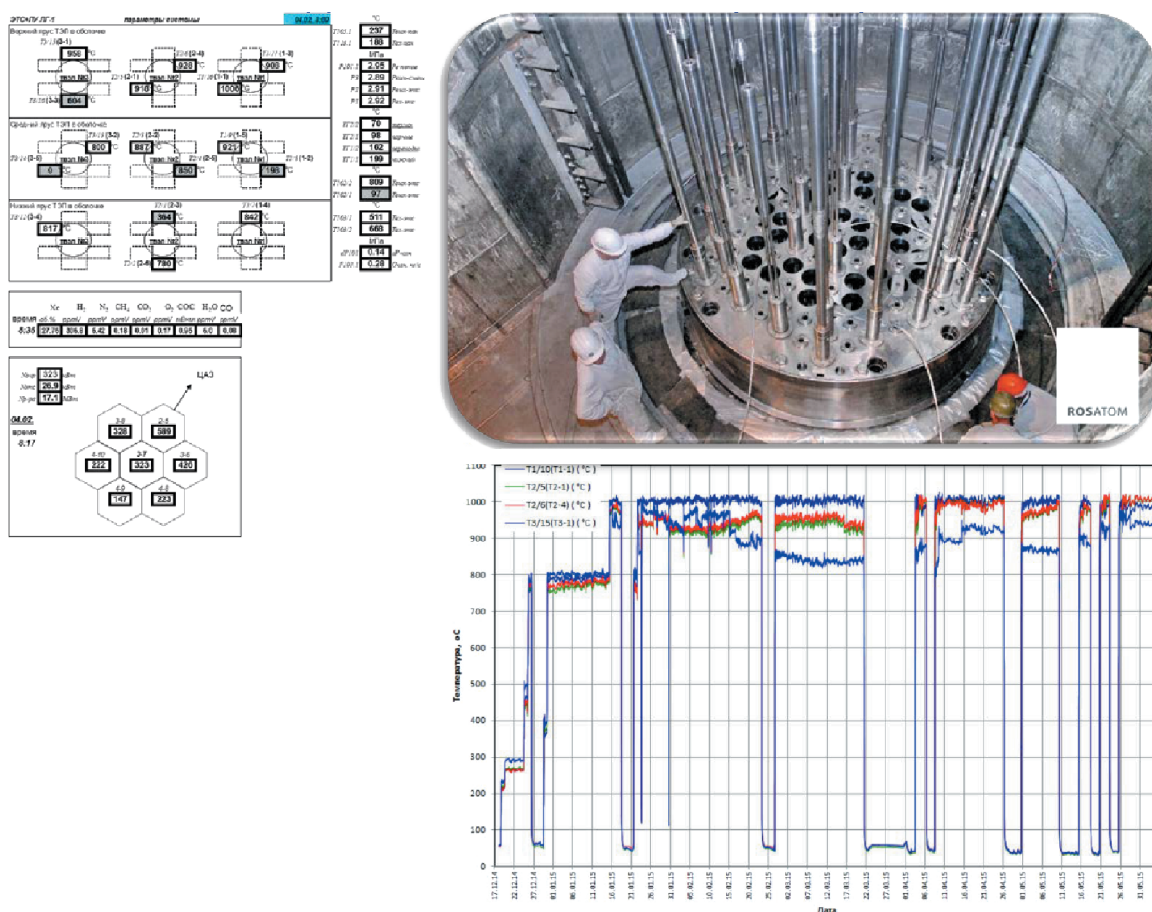


Рис. 8. Петлевые испытания фрагмента активной зоны на реакторе МИР-1.М

академии наук Стратегии развития космической ядерной энергетики на период до 2030 года, утверждённой указом Президента РФ от 22 февраля 2019 г.

Особо следует отметить выдающийся вклад в развитие космической ядерной энергетики академиком РАН Н.Н. Пономарёва-Степного и А.С. Коротева.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коротеев А.С. Ядерная энергетика как путь к покорению дальнего космоса — российский опыт и перспективы развития // V Межд. научно-техн. конф. “Инновационные проекты и технологии ядерной энергетики” (МНТК НИКИЭТ-2012). Т. 1. Москва, 27–29 ноября 2012 г. С. 19–35.
2. Пилотируемая экспедиция на Марс / Под ред. А.С. Коротева. М.: Российская академия космонавтики им. К.Э. Циолковского, 2006.
3. Демянко Ю.Г., Конюхов В.Г., Коротеев А.С. и др. Ядерные ракетные двигатели / Под ред. А.С. Коротева. М.: Норма-Информ, 2001.
4. Драгунов Ю.Г. Разработка реакторной установки для транспортно-энергетического модуля мегаваттного класса // Атомная энергия. 2012. № 1. С. 4–6.
5. Драгунов Ю.Г., Габараев Б.А., Ромадова Е.Л. Космическая ядерная энергетика: прошлое, настоящее, будущее // V Межд. научно-техн. конф. “Инновационные проекты и технологии ядерной энергетики” (МНТК НИКИЭТ-2012). Москва, 27–29 ноября 2012 г. С. 146–147.
6. Dragunov Yu.G., Romadova E.L., Gabaraev B.A. Recommendations on calculation of transport coefficients and thermodynamic properties of helium-xenon gas mixtures // Nucl. Engineering Des. 2019. V. 354. P. 196–198.

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОБЩЕГО СОБРАНИЯ ЧЛЕНОВ РАН
“75 ЛЕТ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ. ВКЛАД АКАДЕМИИ НАУК”

РЕАКТОРНЫЕ УСТАНОВКИ
ДЛЯ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

© 2021 г. В. В. Петрунин

Акционерное общество “Опытное конструкторское бюро машиностроения им. И.И. Африкантова”,
Нижний Новгород, Россия

E-mail: economica@okbm.nnov.ru

Поступила в редакцию 18.12.2020 г.

После доработки 18.12.2020 г.

Принята к публикации 27.12.2020 г.

Научный, инженерный и производственный потенциал, созданный в нашей стране в области атомного судостроения, имеет исключительное значение. В атомных судовых технологиях сформировался особый облик реакторных установок, характерными чертами которых стали предельная компактность, повышенная надёжность и живучесть. На основе опыта создания и совершенствования судовых и корабельных реакторов в АО “ОКБМ Африкантов” разработан ряд проектов инновационных реакторных установок для атомных энергоисточников малой мощности. В докладе представлены основные научно-технические и экономические аспекты создания инновационных реакторных установок типа АБВ, КЛТ, РИТМ, ВБЭР.

Ключевые слова: атомные станции малой мощности, реакторные установки, атомные судовые технологии, технические и экономические аспекты.

DOI: 10.31857/S0869587321050182

Уникальный научный, конструкторский и производственно-технологический опыт, накопленный в атомной отрасли при создании нескольких поколений реакторных установок (далее – РУ) – корабельных (для атомных подводных лодок и надводных кораблей), судовых (для атомных ледоколов) – является фундаментальным базисом для развития приоритетного бизнес-направления Госкорпорации “Росатом” – атомных станций малой мощности (далее – АСММ), которые обеспечат эффективное решение назревших проблем энергообеспечения и жизнедеятельности удалённых районов как в России, так и за рубежом [1–3].



ПЕТРУНИН Виталий Владимирович — доктор технических наук, профессор, первый заместитель генерального директора — генерального конструктора АО “ОКБМ Африкантов”.

В атомных судовых технологиях сформировался российский облик РУ, характерными чертами которого стали предельная компактность, высокая надёжность оборудования и показатели безопасности на уровне современных требований для атомной энергетики. Поскольку уменьшение единичной мощности энергоблока приводит к росту удельных капитальных затрат, именно судовые реакторные технологии позволяют существенно снизить влияние фактора масштаба на экономические показатели и обеспечить конкурентоспособность АСММ в этом сегменте мощностей.

В докладе представлены результаты создания инновационных РУ типа АБВ, КЛТ, РИТМ, ВБЭР, созданных АО “ОКБМ Африкантов” при тесном сотрудничестве с отраслевой и академической наукой, на базе которых Госкорпорация “Росатом” приступила к реализации программы создания плавучих и наземных АСММ.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ
СУДОВЫХ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК

Под технологической эволюцией понимается непрерывный процесс совершенствования кон-

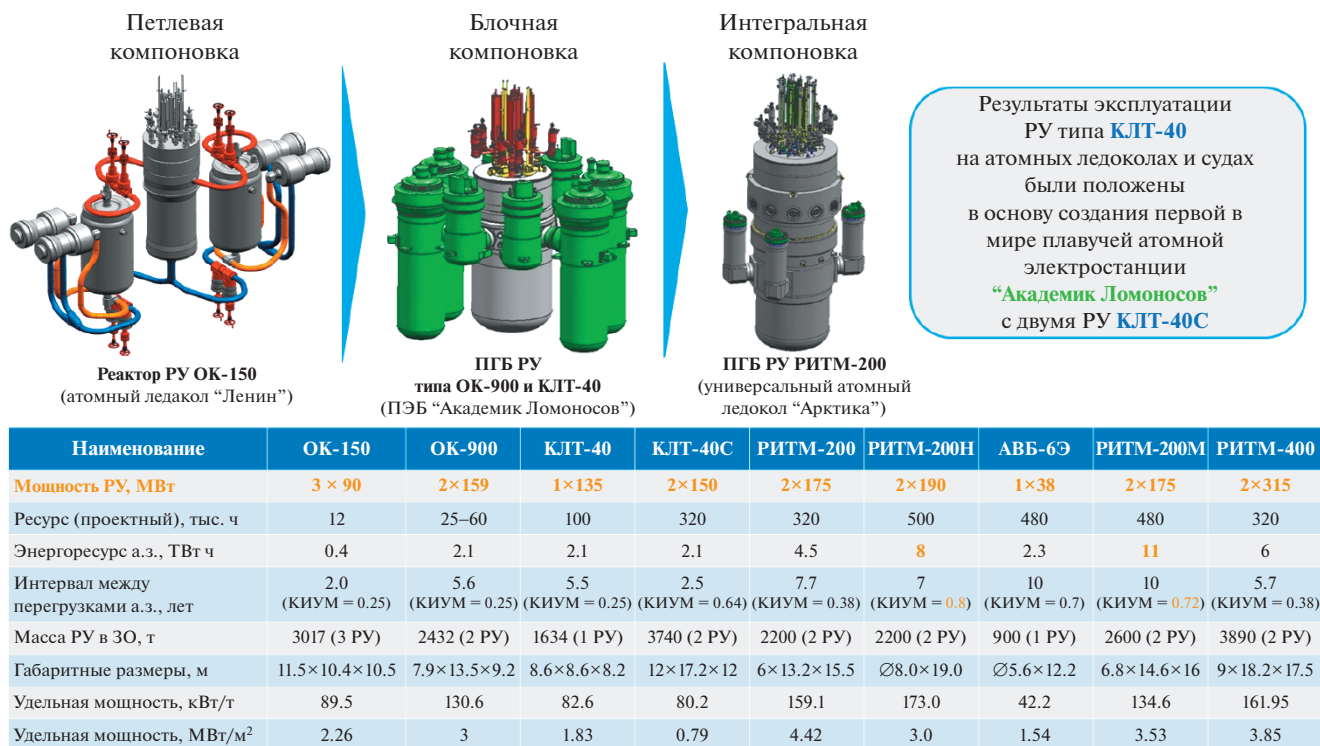


Рис. 1. Технологическая эволюция судовых реакторных установок

струкции, технологии изготовления, применяемых материалов и эксплуатационных характеристик РУ, основанный на сборе и тщательном анализе работы оборудования и систем на протяжении всего жизненного цикла. Сегодня этот опыт аккумулирован в создании и эксплуатации около 500 корабельных и судовых РУ, суммарная наработка которых составляет порядка 11 000 реакторо-лет, что сравнимо с наработкой всей мировой гражданской атомной энергетики – 12 000 реакторо-лет.

Эволюцию судовых РУ можно продемонстрировать на примере выбора компоновочных решений установок для атомных ледоколов, поскольку компоновочная схема РУ имеет принципиальное значение для определения способов и средств обеспечения безопасности, строительных решений, условий эксплуатации и в конечном итоге экономических показателей (рис. 1) [4–6].

Известны три типа компоновочных схем установок: петлевая, блочная, интегральная. Эти схемы приемлемы для всех типов реакторов. Оптимальный выбор в каждом конкретном случае определяется различными факторами, в связи с чем невозможно говорить об универсальных рекомендациях.

Для петлевых РУ характерна значительная пространственная распределённость и большой объём первого контура, наличие трубопроводов

большого диаметра, соединяющих основное оборудование: парогенераторы, насосы, теплообменники, компенсаторы объёма и др. Для этой схемы серьёзной проблемой является организация защиты при аварийном разрыве трубопроводов первого контура большого диаметра. Большая часть действующих АЭС используют установки ВВЭР и PWR с петлевой схемой. Такая же схема была применена в установке ОК-150 атомного ледокола "Ленин".

Очевидное преимущество интегральной компоновки (АВБ-6Э, РИТМ-200Н, РИТМ-200М) – локализация теплоносителя первого контура в одном объёме (в корпусе), отсутствие патрубков и трубопроводов большого диаметра, что уменьшает вероятность аварии с большой течью теплоносителя. С другой стороны, в интегральной компоновке затруднён доступ к оборудованию, размещённому в реакторе, что ограничивает или усложняет ремонтное обслуживание. Поэтому интегральная компоновка предполагает использование высоконадёжного оборудования, созданного на основе решений, подтверждённых эксплуатацией, и прошедшего представительную ресурсную проверку в лабораторных условиях.

Блочная компоновка (КЛТ-40С, ВВЭР), по существу, занимает промежуточное положение между петлевой и интегральной компоновочны-

ПГБ РУ действующих атомных станций	Наименование параметра	Результат	ПГБ РУ РИТМ-200
	Назначенный ресурс оборудования до заводского ремонта, тыс. ч	↑ в 1.6 раза (увеличение со 100 тыс. ч до 160 тыс. ч)	
	Срок службы заменяемого оборудования, лет	↑ в 1.6 раза (увеличение с 12 лет до 20 лет)	
	Энергоресурс активной зоны, ТВт ч	↑ до 2–4 раз (увеличение с 2.1 ТВт ч до 4.5. ТВт ч для УАЛ, до 8 ТВт ч – для АСММ)	
	Период непрерывной работы, лет	↑ в 3.2 раза (увеличение с 8000 ч (действующие а/л до 26000 ч))	
	Масса двух РУ в пределах ЗО, т	↓ в 1.7 раза (уменьшение с 3740 т до 2200 т)	
	Площадь в пределах ЗО, м ²	↓ в 2.6 раза (уменьшение с 94,8 м ² до 36 м ²)	

Рис. 2. Прогресс судовых реакторных технологий: от блочной РУ КЛТ-40С к интегральной РУ РИТМ-200

ми схемами. Вместо протяжённых трубопроводов первого контура в ней используются короткие патрубки большого диаметра, соединяющие основное оборудование установки (реактор, парогенератор, насосы). Блочная компоновка позволяет уменьшить высоту блока и обеспечивает доступность для ремонтного обслуживания. Отсутствие в интегральной и блочной компоновках трубопроводов большого диаметра исключает аварии со значительной течью теплоносителя и снижает вероятность тяжёлой аварии. Например, в блочной РУ ВБЭР отсутствуют осушение активной зоны, перегрев и разгерметизация оболочек ТВЭЛов в максимальной проектной аварии, что имеет место в установках ВБЭР.

Достигнутые показатели прогресса судовых реакторных технологий от блочной РУ КЛТ-40С к интегральной РУ РИТМ-200 приведены на рисунке 2: габариты РУ уменьшены в ~2 раза, а энергоресурс активной зоны увеличен в ~4 раза.

РЕАКТОРНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЛАВУЧИХ И НАЗЕМНЫХ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

Опыт создания и совершенствования судовых и корабельных реакторов в АО «ОКБМ Африкантов» позволил разработать ряд проектов РУ для автономных атомных энергоисточников малой мощности в диапазоне от 6 до 55 МВт_т: АБВ-6Э, КЛТ-40С, РИТМ-200, РИТМ-200Н, РИТМ-200М, РИТМ-400 [1]. Основные характеристики указанных РУ приведены на рисунке 1. Энергоисточники малой мощности предполагают раз-

мещение атомной энергетической установки на суше и на несамоходных плавучих средствах.

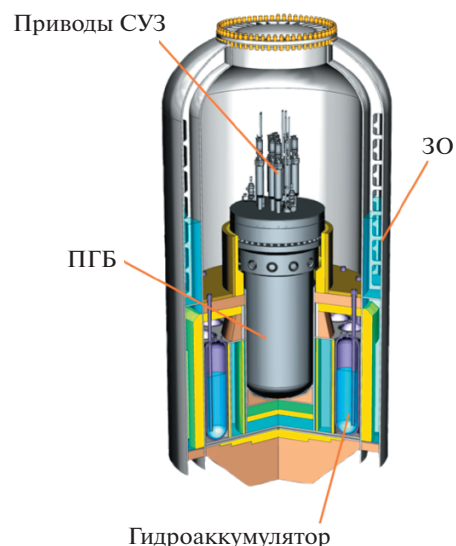
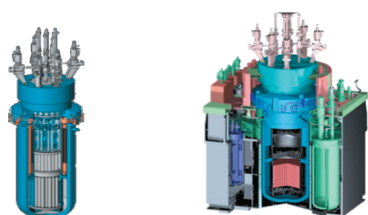
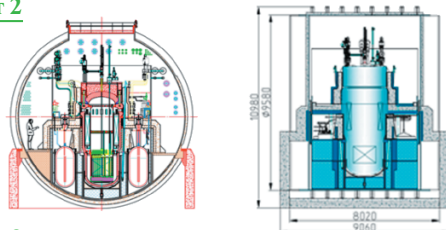
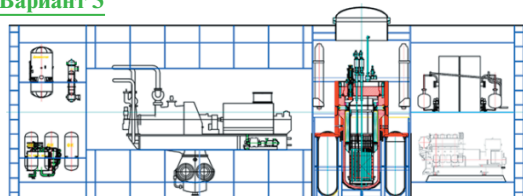
В проекте РУ малой мощности АБВ-6Э применён интегральный водо-водяной реактор тепловой мощностью 38 МВт с естественной циркуляцией теплоносителя и встроенной системой компенсации давления. Особенностью проекта являются работа без перегрузки в течение 10 лет, пассивные системы безопасности и модульная конструкция энергоблока, обеспечивающие минимальные сроки сооружения РУ [6, 7].

В 2014 г. разработан технический проект плавучего и блочно-транспортного энергоблока на базе РУ АБВ-6Э по контракту с Министерством промышленности и торговли РФ. Двухблочная атомная станция с РУ типа АБВ-6 обеспечивает мощность 2×8.5 МВт_т при работе в конденсационном режиме и мощность до 2×6 МВт_т с отпуском тепла до 2×12 Гкал/ч при работе в теплофикационном режиме. Варианты блочно-транспортных энергоблоков для АСММ приведены на рисунке 3.

В ноябре 2018 г. осуществлён физический пуск двух реакторов блочного типа КЛТ-40С в составе плавучего энергоблока «Академик Ломоносов» (далее – ПЭБ), а в декабре 2019 г. в городе Певек (Чукотский АО) начала выработку электроэнергии плавучая атомная теплоэлектростанция с ПЭБ «Академик Ломоносов» суммарной электрической мощностью 70 МВт_т (рис. 4) [6–11].

11 февраля 2020 г. в Госкорпорации «Росатом» было подписано Распоряжение о начале реализации пилотного отраслевого проекта «Сооружение атомной станции малой мощности на базе РУ РИТМ-200Н на территории России». Энергетический пуск пилотной АСММ с РУ РИТМ-200Н запланирован на конец 2027 г. Пилотная АСММ

Тепловая мощность РУ, МВт	38
Давление в первом контуре, МПа	15.7
Паропроизводительность, т/ч	55
Температура на входе/выходе из а.з., °С	247/325
Срок службы незаменимого оборудования, лет	40
Период непрерывной работы, ч	26000
Энергоресурс активной зоны, ТВт ч	2.3
Максимальное обогащение топлива в активной зоне, %	15.7
Высота, м	12.2
Диаметр, м	5.6
Масса реакторной установки в защитной оболочке, т	900

**Вариант 1****Вариант 2****Вариант 3****Крупноблочная поставка парогенерирующего агрегата**

Характеристика	Значение
Длина контеймента, м	13
Диаметр контеймента, м	8.5
Масса ПГА, т	до 200
Транспортировка	Автомобильный, водный и ж/д транспорт

Транспортабельный реакторный блок (ТРБ)

Характеристика	Значение
Длина, м	~8
Диаметр, м	~9.6
Масса без учёта съёмной БЗ, т	~820
Транспортировка	Водный транспорт

Транспортабельный моноблок (РУ + ПТУ)

Характеристика	Значение
Длина, м	~28
Диаметр, м	~9.6
Масса с учётом БЗ, т	~2500
Транспортировка	Водный транспорт

Рис. 3. Варианты блочно-транспортабельных энергоблоков для атомных станций малой мощности на базе реакторной установки АБВ-6Э

состоит из двух энергоблоков электрической мощностью 2×58 МВт, (общий вид станции приведён на рисунке 5). Ключевая особенность проекта АСММ — применение реактивных установок интегрального типа РИТМ-200Н, прототипом которой является РУ РИТМ-200 (рис. 6) для универсальных атомных ледоколов (далее — УАЛ, рис. 7), имеющая необходимое расчётно-экспериментальное обоснование и изготавливаемая серийно [8].

Разработан технический проект РУ РИТМ-400 для уникального атомного ледокола “Лидер”

(рис. 8), обеспечивающий круглогодичную навигацию по Северному морскому пути. Согласно Указу Президента РФ от 26.10.2020 г. № 635 утверждена стратегия развития Арктической зоны РФ и обеспечение национальной безопасности на период до 2035 г., которой предписано строительство трёх атомных ледоколов проекта “Лидер” [10]. В перспективе на базе РИТМ-400 возможно создание энергоблоков плавучего и наземного исполнения.

Плавучие атомные станции — мощный фактор стабильности развития регионов, не охваченных



Рис. 4. Плавучий энергетический блок “Академик Ломоносов”

Электрическая мощность (брутто), МВт	2 × 58*
Тепловая мощность, МВт	2 × 1950
КПД АСММ (брутто), %	31
Топливная кампания, лет	до 7
Срок эксплуатации, лет	60
Устойчивая работа в диапазоне, %Nном	30–100
Площадь станции, Га (км²)	6 (0.06)
Срок строительства АСММ (с начала СМР), лет	4

*Уточняется разработчиком турбоустановки

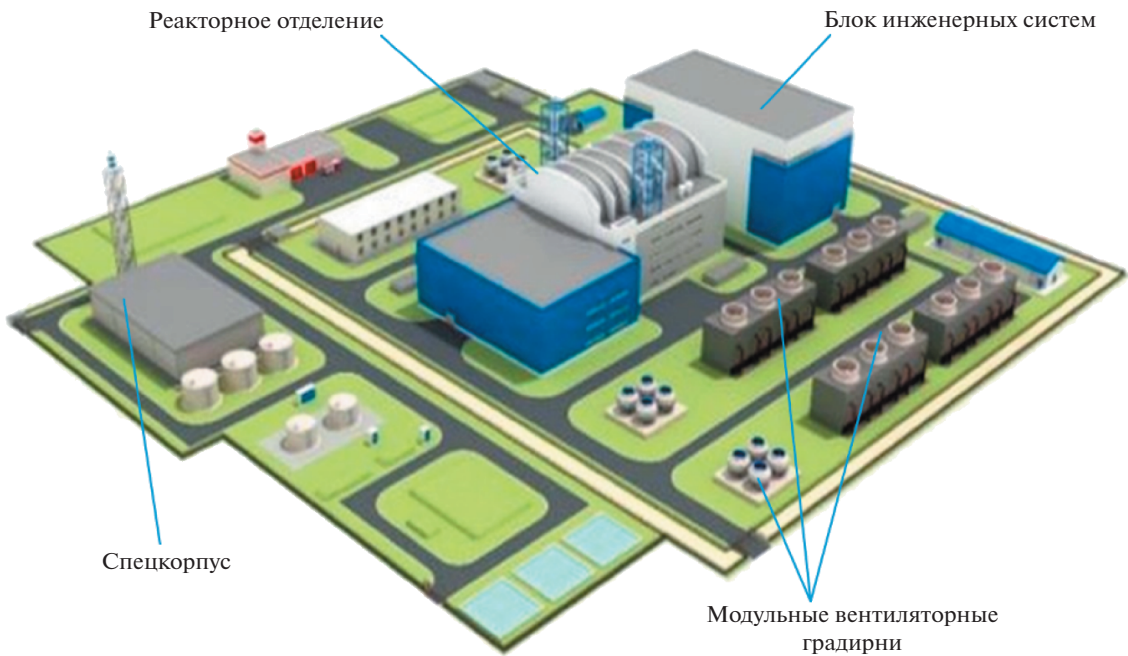
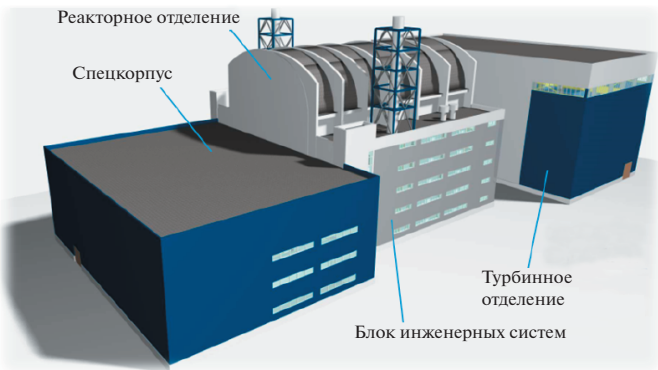


Рис. 5. Общий вид атомной станции малой мощности

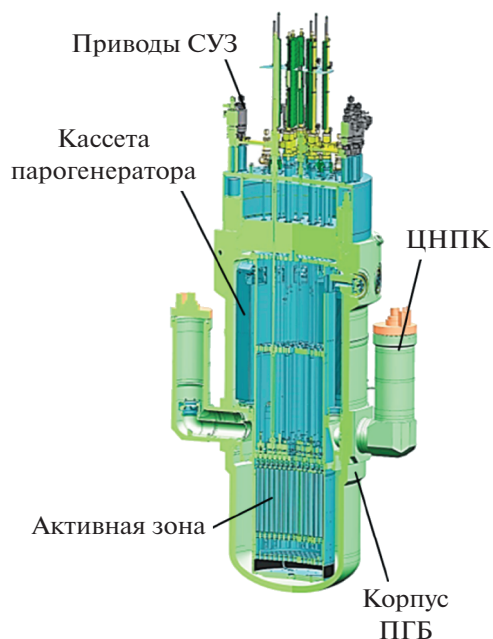


Рис. 6. Парогенерирующий блок реакторных установок РИТМ-200

единой энергетической системой [11]. Следующий шаг в разработке данного направления – проект оптимизированного плавучего энергоблока (далее – ОПЭБ) с РУ РИТМ-200М (прототип – РУ РИТМ-200 для УАЛ) с активной зоной, обладающей высоким энергоресурсом и соответствующей международным требованиям по не-

распространению ядерных материалов. В 2020 г. завершается разработка материалов эскизного проекта ОПЭБ (рис. 9).

РЕАКТОРНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

К числу наиболее проработанных для реализации в ближайшей перспективе реакторов средней мощности относятся блочно-модульные реакторные установки типа ВБЭР, разрабатываемые АО «ОКБМ Африкантов» и НИЦ «Курчатовский институт». Их концепция основана на сочетании технологий транспортных атомных паропроизводящих установок с отработанными в гражданской атомной энергетике решениями по активной зоне и топливному циклу [3, 9]. Особенность проекта – применение унифицированной петли теплообмена, являющейся технологической платформой для реализации мощного ряда энергоблоков. На основе базового четырёхпетлевого варианта РУ ВБЭР-600 и применения унифицированной петли теплообмена обеспечивается мощностной ряд ВБЭР – 600-450-300 МВт_т (рис. 10).

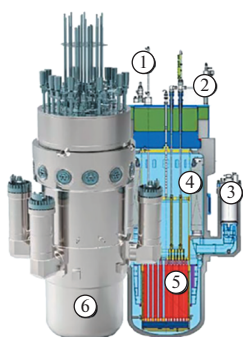
Процесс создания новых РУ для АСМСМ сопровождается разработкой и реализацией инновационных технических решений и подходов, направленных на повышение технико-экономических показателей и безопасности станции.



Рис. 7. Универсальный атомный ледокол «Арктика» на базе реакторной установки РИТМ-200



Рис. 8. Атомный ледокол “Лидер” на базе РУ РИТМ-400



Общий вид ПГБ

1 – привод АЗ; 2 – привод КЗ; 3 – ЦНПК;
4 – парогенератор; 5 – активная зона; 6 – корпус ПГБ

Ключевые особенности проекта

- ✓ Межперегрузочный период – до 10 лет
- ✓ Жизненный цикл ОПЭБ – 60 лет
- ✓ Отсутствие перезагрузки топлива на площадке размещения, перегрузка топлива происходит на специализированном судостроительном предприятии и совпадает с доковым (средним) ремонтом судна и ключевого оборудования



Наименование параметра	ПЭБ “Академик, Ломоносов”	ОПЭБ (эскизный проект)
Длина, м	140	112
Ширина, м	30	30
Осадка, м	5.6	5
Водоизмещение (порожнем), т	21000	16580
Тепловая мощность РУ, МВт	2 × 150	2 × 175
Электрическая мощность (нетто), МВт	2 × 35	2 × 50
Паропроизводительность, т/ч	240	280
Энергоресурс активной зоны, ТВт ч	2.1	11
Перегрузка	раз в 2.5 ÷ 3 год на судне	раз в 100 лет на ФГУП “Атомфлот”
Целевой показатель LCOE, \$/МВт ч	–	90

Рис. 9. ОПЭБ на базе реакторной установки РИТМ-200М

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ, РЕАЛИЗОВАННЫЕ В ПРОЕКТАХ РУ, И НОВЫЕ ЗАДАЧИ

Совершенствование топлива и активных зон. При создании активных зон РУ АСММ (АБВ-6Э, КЛТ-40С, РИТМ-200Н, РИТМ-200М, РИТМ-400) широко используется опыт и результаты эксплуатации активных зон действующих атомных ледоколов, для которых за последние 20 лет достигнут и подтверждён высокий уровень надёж-

ности, радиационно-экологической безопасности и экономичности:

- не отмечено ни одного отказа активных зон в пределах назначенного ресурса;
- дозовые нагрузки персонала снижены на два порядка относительно предшествующего периода;
- состояние всех активных зон на момент завершения эксплуатации не выходит за уровень “газовой непротности”;

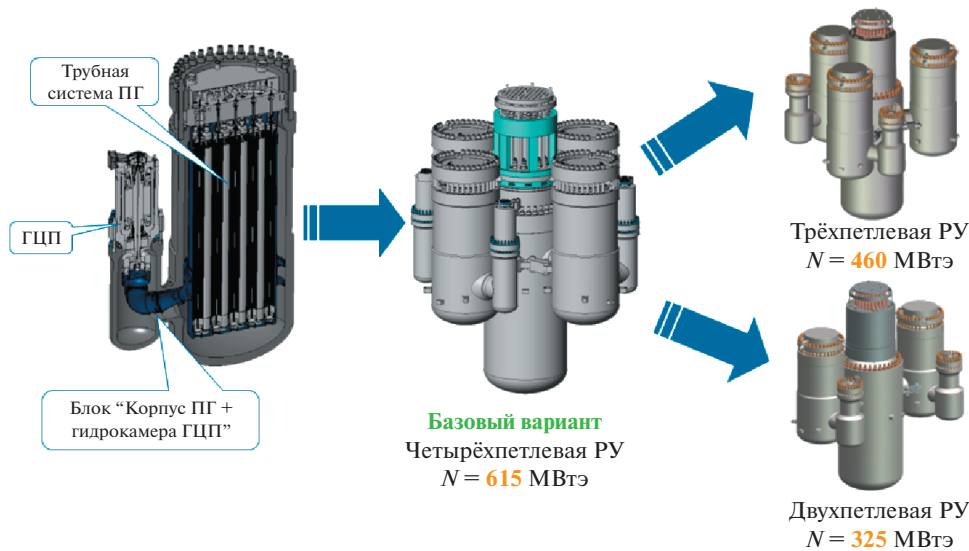


Рис. 10. Мощностной ряд ВБЭР

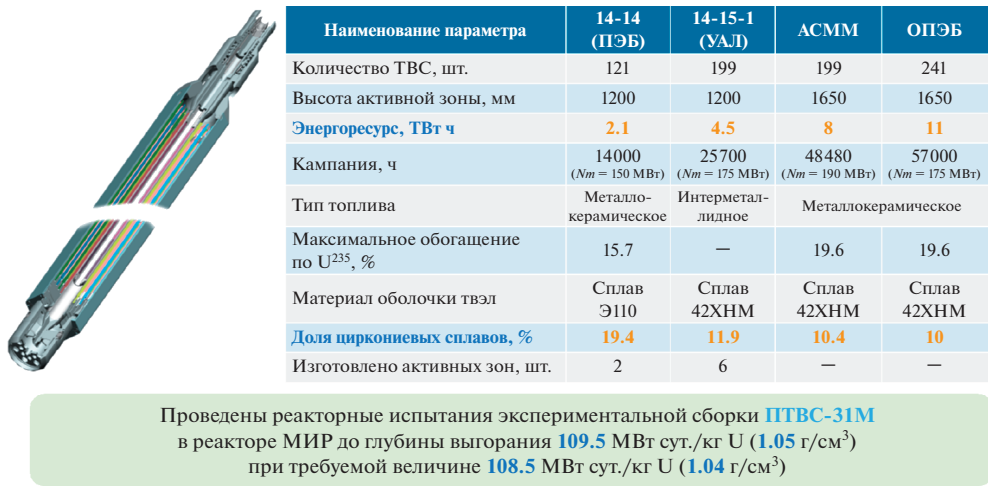


Рис. 11. Характеристики активных зон УАЛ, ПЭБ, ОПЭБ и АСММ

• на базе данных эксплуатации 20 активных зон (~25 тыс. твэлов) практически обеспечен нулевой уровень отказа.

Данные показатели достигнуты в условиях жёстких манёвренных режимов атомных ледоколов, существенно отличающихся от режимов эксплуатации топлива ВВЭР, что обуславливает особенности конструкции и технологии изготовления твэлов транспортных установок.

Работы по активным зонам ведутся с целью увеличения энергоресурса до 8–11 ТВт·ч, совершенствования топливной композиции и материалов оболочек твэлов, элементной базы активной зоны — твэлов, СВП, ПЭЛ и стержней АЗ — с проведением необходимого комплекса НИОКР и верификацией, аттестацией кодов нейтронно-фи-

зических расчётов и теплогидравлических кодов (рис. 11).

Конструкция ТВС активной зоны ВБЭР-600 разработана на базе конструкции ТВСА и её модификаций в активных зонах РУ ВВЭР-1000. В ТВС ВБЭР-600 применены технические решения и конструктивные элементы, апробированные опытом эксплуатации ТВСА, ТВСА-12, ТВСА-PLUS, ТВСА-АЛЬФА, ТВСА-5М. Данная конструкция обеспечивает геометрическую стабильность ТВС и, соответственно, стабильность теплофизических и нейтронно-физических характеристик активной зоны, а также исключает заклинивание ПЭЛ РО СУЗ в направляющих каналах, что в свою очередь позволяет обеспечить

Таблица 1. Основные параметры обеспечения безопасности РУ КЛТ-40С и РУ РИТМ-200Н

Характеристика	РУ КЛТ-40С ПЭБ	РУ РИТМ-200Н АСММ
Обеспечение расхолаживания при полном обесточивании (при герметичном первом контуре)	24 часа	Без ограничений
Резерв времени до начала осушения активной зоны при аварии типа LOCA с обесточиванием	2 часа	Без ограничений
Конструктивная особенность ПГБ — продолжительность подпитки при авариях типа LOCA	4 месяца	Менее 1 суток

надёжность и безопасность активной зоны в процессе эксплуатации.

Для обоснования работоспособности конструкции ТВС ВБЭР-600 и подтверждения её концепции использованы результаты комплекса дореакторных прочностных, вибрационных, теплофизических и гидравлических испытаний фрагментов и полномасштабных макетов ТВСА на стендах АО “ОКБМ Африкантов” и АО “МСЗ”. Работоспособность конструкции ТВСА, её устойчивость к формоизменению подтверждена опытом успешной эксплуатации на Калининской АЭС, АЭС Украины и Болгарии.

В РУ ВБЭР исключена опасность пароциркуляционной реакции в сценарии максимальной проектной аварии и, соответственно, необходимость применения в активной зоне материалов, не склонных к пароводяной реакции (“толерантное” топливо). Данное качество установок ВБЭР существенно повышает их технико-экономическую привлекательность и с учётом прогнозируемой продолжительности НИОКР по толерантному топливу (10 лет) обуславливает возможность реализации в ближайшее время.

Инновационные пассивные системы безопасности. Концепция безопасности включает ряд мер.

Первое — предотвращение нарушений нормальной эксплуатации реакторных установок, что предполагает разработку проекта на основе консервативного подхода с применением апробированных технических решений, развитие свойства внутренней самозащищённости (отрицательные обратные связи по реактивности, интегральная компоновка, высокая теплоаккумулирующая способность, сужающие устройства, верхнее подключение трубопроводов).

Второе — предотвращение проектных аварий, то есть своевременное выявление отклонений от нормальной эксплуатации и их устранение, управление при эксплуатации с отклонениями (структура и алгоритмы систем управления, резервирование оборудования нормальной эксплуатации).

Третье — применение активных и пассивных систем безопасности. При работе активных систем в авариях с разгерметизацией первого контура в течение первых суток температура снижается ниже 100°C — истечение прекращается. При работе пассивных систем при герметичном первом контуре время работы систем не ограничено, в авариях с разгерметизацией первого контура — более 72 часов.

Четвёртое — управление запроектными авариями предполагает использование специальных технических средств (система аварийного охлаждения активной зоны с гидроаккумуляторами, пассивная система отвода остаточных тепловыделений, система заполнения кессона реактора водой) и самосрабатывающих устройств (ГУП, РЭД). Ограничение последствий запроектных аварий (удержание расплава активной зоны в корпусе реактора, исключение образования критических масс при плавлении, а также образования водорода, снижение аварийного давления в защитной оболочке).

Критерии и целевые ориентиры безопасности АСММ:

- санитарно-защитная зона в пределах площади АСММ;
- дозовая нагрузка на население при нормальной эксплуатации — менее 0.01% естественного фона;
- суммарная вероятность тяжёлых аварий не превышает 10^{-6} на реактор в течение одного года (согласно НД — 10^{-5});
- суммарная вероятность большого аварийного выброса, при котором необходимо выполнение мер защиты населения, не превышает 10^{-7} на реактор в течение одного года (согласно НД — 10^{-7}).

Основные параметры обеспечения безопасности РУ КЛТ-40С и РУ РИТМ-200Н приведены в таблице 1.

Среди целей исследования инновационных пассивных систем безопасности следует выделить:

- обеспечение высокого уровня ядерной безопасности АСММ при авариях с полным обесточиванием, включая аварии LOCA и тяжёлую аварию;
- обеспечение функционирования без ограничений по длительности работы и без необходимости вмешательства персонала;
- исключение тяжёлой аварии при аварии LOCA с наложением полного обесточивания продолжительностью не менее 72 часов (фукусимский сценарий) без управляющих мероприятий и использования внешних источников энергии;
- выполнение функций как аварийной, так и нормальной эксплуатации, упрощение структуры и состава систем безопасности;
- обеспечение высокой отказоустойчивости пассивных систем за счёт независимости и резервирования работы оборудования.

В комплексе такими свойствами в настоящее время не обладает ни одна из существующих систем, используемых в ядерной энергетике. Создание такой системы придаст реакторным установкам свойства повышенной безопасности и обеспечит недопущение тяжёлых аварий.

Увеличение ресурса оборудования реакторных установок. В настоящее время проектный срок службы действующих РУ атомных ледоколов составляет 30 лет. Увеличение срока службы заменяемого оборудования до 40 или до 60 лет с соответствующим увеличением срока службы заменяемого оборудования позволяет существенно улучшить экономические показатели АСММ.

В настоящее время, как свидетельствует опыт эксплуатации атомных ледоколов, для этого есть все основания:

- корпус реактора: достигнутый срок использования – 33 года, наработка 182000 ч при флюенсе 4.5×10^{20} нейтрон/см²;
- парогенератор: 33 года, наработка 177000 ч;
- ЦНПК: 33 года, наработка 185470 ч;
- приводы СУЗ: 33 года, наработка 182000 ч.

В настоящее время в АО «ОКБМ Африкантов» выполняются НИОКР для обоснования повышения назначенных ресурсных характеристик основного оборудования АСММ с РУ РИТМ-200 при сроке службы РУ 60 лет. Для обоснования применяется технология численного эксперимента (взамен физического) на основе цифровых двойников оборудования. Ресурсные характеристики оборудования обосновываются таким образом, чтобы их применение в индивидуальных проектах различных АСММ не требовало изме-

нений базовых концептуальных, конструктивных и компоновочных решений.

Технологии математического моделирования на суперЭВМ и создание цифровых двойников. Создание перспективных РУ малой и средней мощности требует нового подхода к расчётному обоснованию проектов, внедрения современных средств цифровизации, комплексных систем компьютерного проектирования, расчётного анализа и обоснования и подготовки производства.

С этой целью в АО «ОКБМ Африкантов» разработана технология суперкомпьютерного двойника ЯЭУ различного назначения. Суперкомпьютерный двойник ЯЭУ может быть использован на всех этапах жизненного цикла изделия и позволяет:

- повысить качество и безопасность вновь разрабатываемых проектов;
- сократить количество дорогостоящих испытаний;
- сократить сроки и стоимость проектирования новых объектов.

АНАЛИЗ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ И МАСШТАБЫ РЕАЛИЗАЦИИ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Маркетинговые исследования, проведённые АО «РАОС», показывают, что потенциальный объём доступного мирового рынка для АСММ (наземного исполнения) в базовом варианте оценивается от 20.3 ГВт до 83.0 ГВт в оптимистическом сценарии. Ёмкость доступного мирового рынка ОПЭБ в базовом варианте оценивается в 4.1 ГВт.

Ёмкость доступного рынка электроэнергии связана с показателем LCOE (полная удельная стоимость производства единицы электрической энергии) энергоисточника следующим образом:

целевой показатель LCOE, \$/МВт·ч – 90 (сценарий 1) или 110 (сценарий 2);

доступный рынок, ГВт – 23 (сценарий 1) или 10 (сценарий 2);

объём рынка двухблочных АСММ на базе РУ РИТМ-200Н, шт. – ~230 (сценарий 1) или ~100 (сценарий 2).

Анализ конкурентоспособности АСММ с различными источниками генерации аналогичной мощности (углеводородное топливо, солнечная и ветровая энергетика, энергия приливов) показал, что для уверенного вхождения на рынок малых мощностей для АСММ должен быть обеспечен целевой LCOE не выше 90 \$/МВт·ч (5400 руб./МВт·ч) при ставке дисконтирования 7%. На данный момент технико-экономические показатели АСММ на базе РУ РИТМ-200Н, РИТМ-400 и ОПЭБ на базе РУ РИТМ-200М оце-

Таблица 2. Экономические показатели АСММ на базе РУ РИТМ-200Н, РИТМ-400, ОПЭБ на базе РУ РИТМ-200М

Наименование параметра	РУ РИТМ-200Н АСММ	РУ РИТМ-200М ОПЭБ	РУ РИТМ-400 АСММ
Мощность тепловая/электрическая, МВт	190/58	175/55	350/110
Обогащение UO_2 , %	19.7	19.7	—
Кампания топлива, эфф. сут.	2020	2620	795
Масса и габариты РУ	2020 т (на 2 РУ) $\varnothing 8.0 \times 19.0$	2600 т (на 2 РУ) $6.8 \times 14.6 \times 16$	3890 т (на 2 РУ) $9 \times 18.2 \times 17.5$
Удельные капитальные затраты без НДС, \$/кВт _э (в ценах на 01.01.2020 г. без учёта стоимости а.з.)	АСММ 6400* (для площадки Билибино)	ОПЭБ 4300** БГТС ~ 800*** Итого $\Sigma = 5100$	АСММ 5400÷5800
Срок создания головной РУ, лет	4 (серийная РУ – 3)	3÷3.5 (серийная РУ – 3)	5 (серийная РУ – 3)
Срок сооружения АСММ, ОПЭБ, лет	6.5÷7	7.5÷8	8
Срок службы, лет	60	60	60
LSOE, цент/кВт·ч (в ценах на 01.01.2020 г. при $d = 7\%$, КИУМ = 0.8)	14.2÷12.6 (при КИУМ=0.9)	13.4	10.9÷11.8 (концептуальные оценки)

*Исходные данные (ИД) АО РАОС.

**ИД ПАО “ЦКБ “Айсберг”.

***ИД АО “Атомэнерго”.

ниваются от 10 до 14 цент/кВт·ч в зависимости от коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) (табл. 2), продолжается дальнейшая оптимизация проектов.

Следует отметить, что при сравнении АСММ с потенциальными конкурентами проект РУ РИТМ-200 обладает существенными преимуществами по референтности, топливу, манёвренным характеристикам (табл. 3) [3]. В ближайшей перспективе, согласно стратегии развития УАЛ, АСММ, ОПЭБ до 2030 г., предусмотрено изготовление ~ 20 РУ серии РИТМ:

- 4 РУ для 4-го и 5-го УАЛ (2024 и 2025 гг.);
- 6 РУ для трёх атомных ледоколов “Лидер” (2028 г., 2030 и 2035 гг.);
- 2 РУ для пилотной АСММ в Якутии (2027 г.);
- 16 РУ для ОПЭБ “Энергофлот” (два РУ к 2028 г., далее по две РУ каждый год) или 10 РУ для ОПЭБ “Баимский ГОК” (две РУ к 2026 г., далее по одной РУ каждый год).

* * *

В проектах инновационных реакторных установок для атомных энергоисточников малой и средней мощности типа АБВ, КЛТ, РИТМ, ВБЭР реализован уникальный научно-технический и производственный потенциал ядерных судовых

технологий для решения актуальных задач атомной энергетики — создания наземных и плавучих энергоблоков с небольшими сроками реализации и конкурентоспособными технико-экономическими показателями. Разработанный мощностной ряд РУ позволяет на базе унифицированных проектов создавать атомные станции для широкого круга потребителей как внутри России, так и за рубежом, а маркетинговые исследования рынка показывают, что данный тип энергоисточников будет широко востребован.

Несмотря на большой опыт создания и эксплуатации судовых и корабельных РУ, можно выделить комплекс научно-технических задач, решение которых конструкторским и научным сообществом позволит достичь уникальных результатов с целью обеспечения потребительских качеств АСММ. К числу таких задач следует отнести:

- достижение срока службы всего оборудования РУ на уровне 60 лет и более за счёт создания и применения новых материалов, исследования влияния пульсаций температур на прочностные характеристики, создания виртуального математического моделирования работы оборудования в соответствии с моделью эксплуатации на всём жизненном цикле;

Таблица 3. Сравнение АСММ на базе РУ РИТМ-200Н с потенциальными конкурентами

Критерии	РИТМ-200	АСР-100 (КНР)	АСР50S (КНР)	SMART (Корея)	NuScale (США)
Тип реактора	ВВР интегрального типа	PWR интегрального типа	PWR блочного типа	PWR интегрального типа	PWR интегрального типа
Мощность, Нт/Нэ, МВт	190/58	385/125	200/50	330/100	160/50
Стадия разработки	РКД, серийное изготовление для УАЛ	Basic design (технический проект)	Preliminary design	Certified (одобренный типовой проект)	На рассмотрении национального регулятора
Референтность	Опыт эксплуатации судовых РУ	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Безопасность	Активные и пассивные системы безопасности + самосрабатывающие устройства	Пассивные системы безопасности	Пассивные системы безопасности	Активные и пассивные системы безопасности	Пассивные системы безопасности
	Время функционирования пассивных систем безопасности не менее 72 часов				
Проектный срок службы, лет	60 лет – корпус реактора 20 лет – парогенератор	60 лет – корпус реактора Парогенератор – данные отсутствуют	40 лет – корпус реактора Парогенератор – данные отсутствуют	60 лет – корпус реактора 15 лет – парогенератор	40 лет – корпус реактора Парогенератор – данные отсутствуют
Топливо	UO ₂ в силуминовой матрице, 42ХНМ, обогащение <20%; гексагональные ТВС 199 шт.; кампания а.з. 2000 эфф. сут. (6 лет)	UO ₂ , циркониевые сплавы, обогащение <4.95%; квадратные ТВС 17 × 17, 57 шт.; кампания а.з. 730 эфф. сут. (2 года)	UO ₂ , циркониевые сплавы, обогащение <4.95%; квадратные ТВС 17 × 17, 57 шт.; кампания а.з. 915 эфф. сут. (2.5 года)	UO ₂ , обогащение <4.95%; квадратные ТВС 17 × 17, 57 шт.; кампания а.з. 990 эфф. сут. (3 года)	UO ₂ , обогащение <4.95%; квадратные ТВС 17 × 17, 37 шт.; кампания а.з. 730 эфф. сут. (2 года)
Габариты ПГБ, В × Д, м	8.5 × 3.3	10 × 3.35	7.2 × 2.2 (реактор блока)	18.5 × 6.5	17.8 × 3
Манёвренность	Топливо обеспечивает манёвренные режимы 10÷100% со скоростью 6% Нном/мин.	Используемое топливо ограничивает возможности маневрирования (опыт PWR)			

- обеспечение показателей безопасности АСММ на уровне требований к РУ четвёртого поколения благодаря созданию уникальных пассивных систем безопасности, обеспечивающих расхолаживание в тяжёлых авариях неограниченное время; исключение плавления топлива в активной зоне и образования водорода;

- совершенствование конструкции активных зон и топлива с целью увеличения энергозапаса, обеспечивающего работу РУ 10 лет и более без перегрузки топлива; дальнейшее повышение выгорания топлива; применение материалов, исключаящих парциркулиевую реакцию в тяжёлых авариях (“толерантное” топливо);

- применение технологий суперЭВМ и создание цифровых двойников; проведение комплекса уникальных экспериментов для верификации CFD-кодов; исследование аварийных режимов с учётом тонких эффектов по стратификации теплоносителя и конвективной диффузии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атомные станции малой мощности: новое направление развития энергетики / Под ред. академика РАН А.А. Саркисова. М.: Наука, 2011.
2. Саркисов А.А., Антипов С.В., Смоленцев Д.О. и др. Малая атомная энергетика в контексте трансформации электроэнергетических систем // Известия вузов. Ядерная энергетика. 2020. № 4. С. 5–14.
3. Атомные станции малой мощности: новое направление развития науки. Т. 2 / Под ред. академика РАН А.А. Саркисова. М.: Академ-Принт, 2015.
4. Петрунин В.В., Фадеев Ю.П., Гуреева Л.В., Скородумов С.Е. Проекты атомных станций малой и средней мощности, направления их технико-экономической оптимизации // Атомные станции малой мощности: новое направление развития энергетики / Под ред. академика РАН А.А. Саркисова. М.: Наука, 2011. С. 182–186.
5. Петрунин В.В., Гуреева Л.В., Фадеев Ю.П. и др. Перспективы развития атомных станций с реакторами малой и средней мощности // Атомные станции малой мощности: новое направление разви-
6. Advances in Small Modular Reactor Technology Developments. A Supplement to: IAEA Advanced Reactors Information System (ARIS). 2018 Edition.
7. Фадеев Ю.П., Пахомов А.Н., Полуничев В.И., Турусов А.Ю. АСММ в плавучем и блочно-транспортном исполнении для энергообеспечения регионов Арктической зоны // Сборник докладов Третьей Международной научно-технической конференции. Т. 2. М.: НИКИЭТ, 2014. С. 85–91.
8. Петрунин В.В., Фадеев Ю.П., Пахомов А.Н. и др. Обликовый проект АСММ с РУ РИТМ-200 // Атомная энергия. 2018. Т. 125. Вып. 6. С. 323–327.
9. Арефьев А.Е., Кураченков А.В., Петрунин В.В., Фадеев Ю.П. Реакторная установка ВБЭР-600 для энергоблоков средней мощности. Основные схемно-конструктивные решения и характеристики // Сборник пленарных и секционных докладов Десятой Международной научно-технической конференции “Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики”. М.: Росэнергоатом, 2016. С. 673–677.
10. Зверев Д.Л., Фадеев Ю.П., Пахомов А.Н. и др. Реакторные установки для атомных ледоколов. Опыт создания и современное состояние // Атомная энергия. 2020. Т. 129. Вып. 1. С. 29–37.
11. Беляев В.М., Большухин М.А., Пахомов А.Н. и др. Опыт создания первой в мире плавучей АЭС. Направления дальнейшего развития // Атомная энергия. 2020. Т. 129. Вып. 1. С. 37–43.

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОБЩЕГО СОБРАНИЯ ЧЛЕНОВ РАН
“75 ЛЕТ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ. ВКЛАД АКАДЕМИИ НАУК”

ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА

© 2021 г. А. Д. Каприн*, В. П. Смирнов^{b,**}

^aНациональный медицинский исследовательский центр радиологии Минздрава России, Москва, Россия

^bАО “НИИ технической физики и автоматизации” ГК “Росатом”, Москва, Россия

*E-mail: kaprin@mail.ru

**E-mail: vpsmirnov@ropsatom.ru

Поступила в редакцию 19.01.2021 г.

После доработки 19.01.2021 г.

Принята к публикации 25.01.2021 г.

Статья посвящена истории становления и развития радиационной медицины, которая сейчас приобретает всё более широкое распространение. Лечение радиацией различных доброкачественных и злокачественных новообразований с помощью контактного применения источников ионизирующего излучения получило название брахитерапии. К настоящему времени клиническая брахитерапия разделилась на три направления: высокодозная/высокомощностная, низкодозная/низкомощностная и электронная.

Основанное в начале 1980-х годов отделение радионуклидной терапии в МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиале НМИЦ радиологии Минздрава России (г. Обнинск) – первое и крупнейшее в России медицинское учреждение, где осуществляется терапевтическое применение радионуклидов. Авторы завершают обзор, вычленив основные тенденции в мировой ядерной медицине будущего.

Ключевые слова: ионизирующее излучение, радиотерапия, брахитерапия, радиойодтерапия, Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского, НМИЦ радиологии Минздрава России, онкологическая служба, радиофармпрепараты, протонный синхротрон “Прометеус”.

DOI: 10.31857/S0869587321050133

История радиологии в России началась с открытий трёх выдающихся личностей – Антуана Анри Беккереля, обнаружившего в 1896 г. явление радиоактивности урановой руды, а также

Пьера и Марии Кюри, выделивших из развалов урановой руды новые элементы – полоний и радий [1]. С этих пор многие открытия в области ядерных технологий стали толчком к разработке и развитию новых методов лечения: как говорил великий И.В. Курчатов, “атом должен быть рабочим, а не солдатом” [2].



КАПРИН Андрей Дмитриевич – академик РАН, главный внештатный специалист-онколог Минздрава России, генеральный директор НМИЦ радиологии Минздрава России. СМЕРНОВ Валентин Пантелеймонович – академик РАН, научный руководитель АО “НИИТФА”.

В 1903 г., в одной из своих зарубежных поездок, В.М. Зыков, выдающийся хирург-онколог, доктор медицины, познакомился с Марией Кюри, которая передала ему на нужды развития науки в России бесценный подарок – несколько миллиграммов изотопа радия-226. Это были первые источники ионизирующего излучения в нашей стране [3].

В ходе экспериментов в начале XX в. врачи выяснили, что радиацией можно лечить различные доброкачественные и злокачественные новообразования с помощью контактного применения источников ионизирующего излучения. В 1903 г. началось проведение внутритканевой радиотерапии путём имплантации трубочек с радием-226 и радием-228 (мезоторием) в опухолевую ткань.



Рис. 1. Устройство для электронной брахитерапии

Впоследствии этот метод лечения получил название “брахитерапия” [4].

К настоящему времени клиническая брахитерапия разделилась на три направления: высокодозная/высокомощностная (капсулы с кобальтом-60, цезием-137 и иридием-192), низкодозная/низкомощностная (капсулы с йодом-125, палладием-103 или цезием-131) и электронная. В России активное внедрение брахитерапии началось с 2000 г. с использованием микроисточников зарубежного производства. В качестве источника ионизирующего излучения для высокодозной брахитерапии применялись капсулы с радиоизотопом иридий-192, а в качестве источника излучения для низкодозной брахитерапии — капсулы с йодом-125.

НМИЦ радиологии Минздрава России принимал активное участие в создании и регистрации отечественных микроисточников на базе ГНЦ РФ “Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского” (г. Обнинск), и в 2016 г. в России появились отечественные микроисточники с йодом-125 для низкодозной брахитерапии, которые сейчас применяются во многих медицинских центрах страны. Электронная брахитерапия, представляющая собой миниатюрный рентгеновский источник излучения, работающий при низких энергиях от сети, активно завоёвывает терапевтическую нишу за рубежом, но у нас пока не используется [5].

С 1922 г. внук известного революционера-демократа А.И. Герцена и сын крупнейшего физиолога Европы А.А. Герцена П.А. Герцен кардинально изменил характер онкологической деятельности в нашей стране. Он стал идеологом комбинированного метода лечения, учения о метастазировании, заложил основы современной организации онкологической службы и разработал конкретные методы лечения злокачественных

опухолей основных локализаций, в том числе с использованием ионизирующего излучения [3].

В это же самое время в мире стала бурно развиваться коммерческая деятельность по использованию радиоизотопов радия (радий-226 и радий-228) в разных сферах деятельности — от косметической (свечащиеся румяна, тени и пудра), до медицинской — в США и Европе был разрешён к медицинскому применению радиевый тоник, который, по мнению врачей, ослаблял боли при переломах [6]. В 1923 г. в СССР раствор хлорида радия-224 был официально разрешён в качестве радиофармпрепарата для облегчения болей в костях.

На протяжении следующих десятилетий радиофармпрепараты с радиоактивными изотопами фосфора-32, стронция-89, рения-186 и самария-153 успешно использовались в паллиативном лечении костных метастазов для облегчения болевого синдрома и улучшения качества жизни пациентов. Все радиофармацевтические лекарственные препараты (РФЛП) с этими изотопами имеют как свои преимущества, так и недостатки. Последние в основном обусловлены переоблучением красного костного мозга и связанными с этим фактом побочными эффектами, проявляющимися в виде анемии, нейтропении и миелосупрессии.

Наконец, в 2018 г. в США, Европе, а затем и в России был зарегистрирован новый радиофармпрепарат на основе радия-223, который предназначен не только для паллиативного лечения, но и повышения уровня выживаемости пациентов [7]. Так радий вернулся в ядерную медицину, но уже в качестве радиофармпрепарата, обладающего самым высоким терапевтическим эффектом.

Однако не забыт в наше время и радий-224. Сегодня в Израиле разработаны и успешно прошли клинические испытания в нескольких цен-

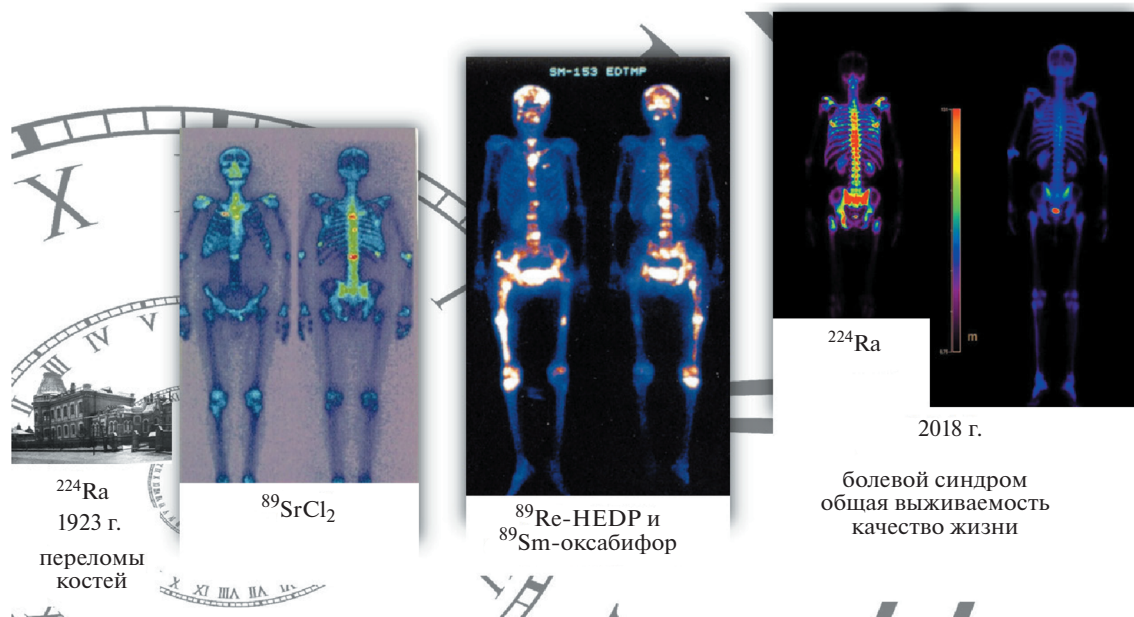


Рис. 2. Вехи в развитии радионуклидной терапии костных метастазов: скintiграфия скелета после введения РФЛП с различными радиоизотопами



Рис. 3. Альфа-брахитерапия плоскоклеточной карциномы

трах по брахитерапии ряда злокачественных солидных новообразований альфа-излучающие микроисточники с радием-224. В испытаниях участвовал и НМИЦ радиологии Минздрава России.

Помимо радионуклидной терапии костных метастазов и брахитерапии, в мире активно развивается направление по радионуклидному лечению воспалительных заболеваний суставов, основанное на внутрисуставном введении РФЛП, меченого β -излучающими радионуклидами для разрушения гипертрофированной синовиальной оболочки (радиосиновектомия — РСО). В клиническом руководстве Европейской ассоциации по

ядерной медицине (EANM) процедура РСО показана при ряде воспалительных заболеваний, таких как:

- ревматоидный артрит и артриты иной природы;
- болезнь Бехчета и рецидивирующие внутрисуставные выпоты;
- гемартроз при гемофилии;
- остеоартроз и другие заболевания суставов.

За рубежом применяют целую линейку РФЛП для радиосиновектомии (табл. 1) [8].

Сегодня в России нет зарегистрированных РФЛП для РСО. Однако недавно разработаны и

Таблица 1. Характеристики разрешённых к применению в Европе РФЛП для радиосинонотомии

Радионуклид (частица)	Объём (мл)	Размер частиц (мкм)	Период полураспада (дни)	Максимальная энергия β -излучения (МэВ)	Глубина проникновения β -излучения в мягкой ткани (мм)	Гамма-излучение (КэВ)	Суставы
Иттрий-90 (цитрат)	<2	3–6	2.7	2.2	3.8–11/<8.5	—	Колено
Рений (коллоид/сульфит)	<1	5–10	3.7	1.07	1.2–3.7/<3.1	140	Плечо
Эрбий (цитрат)	<0.2	3–8	9.4	0.34	0.3–1.0/<0.7	—	Все
Золото		2.7	0.96		1.2–3.6	411	Колено
Фосфор (метахром)		10–20	14	1.7	2.6–7.9	—	Колено
^{166}Ho макроагрегаты		5–10	1.2	1.8	2.2–8.7	81	Колено
^{165}Dy макроагрегаты		3–10	0.09	1.3	1.4–5.6	95	Колено

успешно прошли доклинические исследования два отечественных РФЛП с радиоизотопом рений-188 для процедуры радиосинонотомии: синорен, ^{188}Re — разработка ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, и микросферы альбумина 5–10 мкм, ^{188}Re — разработка НМИЦ радиологии Минздрава России [9, 10].

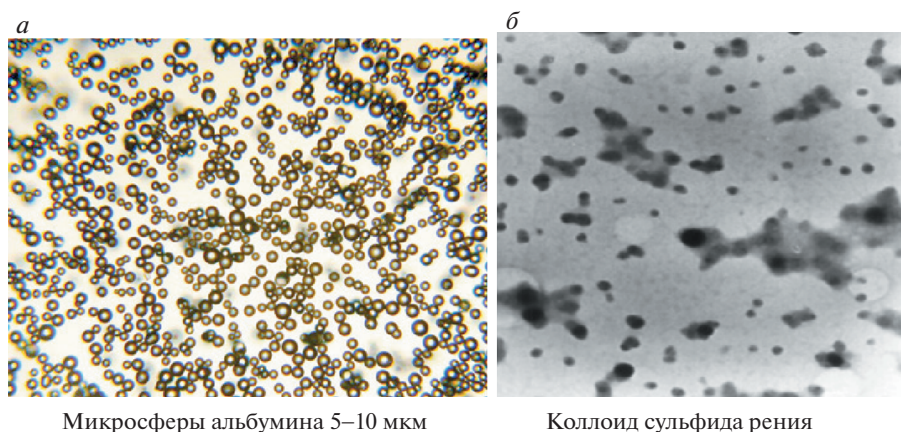
Радионуклидная эмболизация (РЭ) применяется для терапии неоперабельного первичного и метастатического рака печени, когда через внутрипечёночную артерию в сосуды, кровоснабжающие опухолевый очаг, подводят радиоактивное вещество, одновременно перекрывая кровоснабжение опухолевых клеток в этой области. Синергия воздействия ионизирующего излучения и кислородного голодания эффективно убивает опухолевые клетки и позволяет превратить неоперабельную опухоль в операбельную или даёт время пациенту на дожитие до трансплантации печени.

В настоящее время в мире доступны три коммерческих препарата для РЭ: стеклянные и полимерные микросферы с радионуклидом иттрий-90 и полимерные микросферы с радионуклидом гольмий-166. В России зарегистрирован отечественный препарат для РЭ — стеклянные микросферы с иттрием-90 производства ООО «Бибиг». В НМИЦ радиологии Минздрава России радионуклидную эмболизацию этими микросферами успешно провели 8 пациентам. Однако у этого препарата имеется один, но весьма существенный недостаток: для активации микросфер необходимо высокопоточное нейтронное излучение ядерного реактора. Этот факт определяет логистическую схему поставки препарата и его стоимость.

Для устранения этого недостатка в НМИЦ радиологии Минздрава России были разработаны и успешно прошли доклинические исследования микросферы альбумина крови человека диаметром 20–40 мкм, меченные радионуклидом рений-188. Среди достоинств таких радиофармпрепаратов следует отметить:

- микросферы имеют чёткую сферическую форму и узкий размерный ряд: >95% микросфер находятся в диапазоне размеров 5–10 мкм;
- микросферы альбумина биоразлагаемы и биосовместимы, они подвергаются протеолизу после внутрисуставной инъекции;
- генераторный радионуклид рений-188 удобен в использовании;
- высокая локальная терапевтическая доза РФЛП обусловлена высокой энергией β -излучения рения-188;
- сопутствующее гамма-излучение рения-188 (155 кэВ) позволяет контролировать биораспределение РФЛП с помощью гамма-камеры;
- радионуклид получают из генератора $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$, установленного в клинике, и РФЛП готовят на месте, непосредственно перед введением пациенту.

Ядерные испытания позволили получить разнообразную информацию, в том числе и о радиоизотопах йода, которые выделяются из продуктов деления ядер урана, плутония, тория и являются одним из основных загрязнителей природной среды [11]. Радиоизотопы йода представляют большую радиационную опасность для человека и животных в связи со способностью накапливаться в щитовидной железе, замещая природный йод.



Микросферы альбумина 5–10 мкм

Коллоид сульфида рения

Рис. 4. Сравнение размеров и однородности распределения микро частиц коллоида и микросфер альбумина крови человека

а — микросферы альбумина 5–10 нм; *б* — коллоид сульфида рения

В 1950 г. Советский Союз одним из первых в мире взял курс на использование энергии атома в мирных целях. Большой победой на этом пути стал пуск первой в мире атомной электростанции мощностью 5 МВт в Обнинске 26 июня 1954 г. [11]. Из отработавшего ядерного топлива атомной станции началось выделение йода-131 для медицинского применения при заболеваниях щитовидной железы (ЩЖ).

Радиойодтерапия основана на способности щитовидной железы селективно накапливать йод. При многих заболеваниях ЩЖ накопление йода многократно увеличивается. Способностью селективно накапливать йод обладают и метастазы ЩЖ. Это свойство стало основой радиойодлечения (радиойодабляция) метастазов ЩЖ.

Основанное в начале 1980-х годов отделение радионуклидной терапии (РНТ) в МРНЦ им. А.Ф. Цыба — филиале НМИЦ радиологии Минздрава России (г. Обнинск) — первое и крупнейшее в России медицинское учреждение, где осуществляется терапевтическое применение радионуклидов. Здесь лечатся более 40% всех пациентов страны, получающих РНТ, потребляется более половины отечественных терапевтических РФЛП. В МРНЦ проводят 30% от всей радиойодтерапии в России.

За последние 10 лет в нашей стране наметился прогресс в развитии РНТ. Если в 2009 г. у нас было всего две клиники, где проводили РНТ, и 50 активных коек для радиойодтерапии, то к 2020 г. количество активных коек увеличилось до 125, а число центров возросло до девяти. Центры РНТ равномерно расположены по всей населённой территории России.

С изобретением приборов визуализации распределения радиоактивности в организме пациентов стала активно развиваться радионуклидная диагностика. А это важно, ведь ранняя диагно-

стика заболевания является залогом успешного лечения.

Первый прототип ПЭТ-сканера появился в 1952 г. в Массачусетском госпитале, однако проводившиеся на нём исследования ещё нельзя было назвать томографическими, так как в итоге врачи получали только одно двумерное изображение, а не их последовательность. В 1958 г. американский биофизик и инженер Холл Ангер изобрёл гамма-камеру. В клиническую практику ПЭТ-сканеры и гамма-камеры вошли уже в конце 70-х годов [12].

В России одним из ведущих центров в данном направлении является НИЦ “Курчатовский институт”, где расположены установки, позволяющие производить широкий спектр радионуклидов, на основе которых синтезируются диагностические РФЛП: это реакторные радионуклиды, циклотронные, а также радионуклиды, которые получают методом лазерной селекции. В НИЦ “Курчатовский институт” накоплен максимальный в стране опыт исследований и разработок в области позитронно-эмиссионной томографии, в том числе с использованием таких методов лучевой диагностики, как магнитно-резонансная томография и рентгеновская компьютерная томография.

9 сентября 1960 г. произошло важное событие в мировой физике — циклотрон У-300, установленный в лаборатории ядерных реакций Объединённого института ядерных исследований в Дубне, дал первый пучок ускоренных ядер азота до 10 МэВ/н [11]. На протяжении 17 последующих лет У-300 оставался самым мощным и самым лучшим среди действующих ускорителей тяжёлых ионов в мире, как по интенсивности пучков, так и по разнообразию ускоряемых ионов. Развитие протонной лучевой терапии в нашей стране началось практически одновременно с ведущими

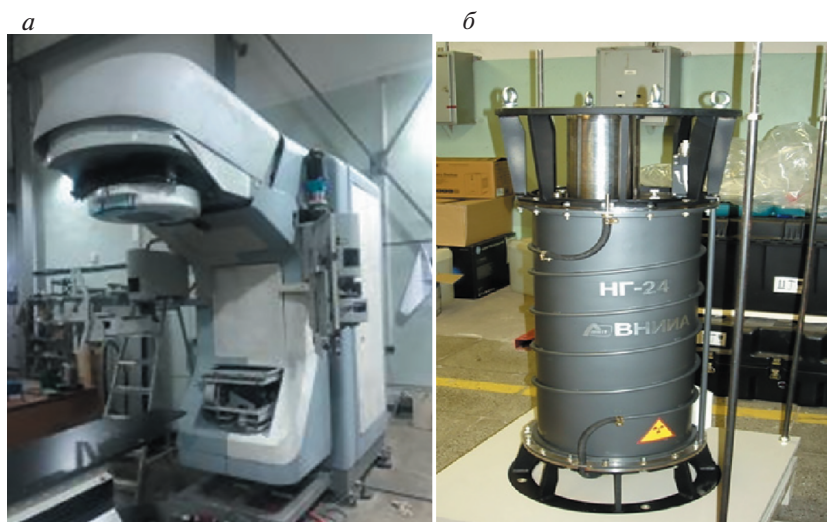


Рис. 5. Комплекс лучевой терапии Оникс (КЛТ-6) на основе 6 МэВ ускорителя (а) и малогабаритный нейтронный генератор НГ-24 (б)

странами мира. Первый в СССР протонный пучок с необходимыми для лучевой терапии параметрами был получен в 1967 г. в упомянутой лаборатории ОИЯИ по предложению члена-корреспондента АН СССР В.П. Желепова на 680 МэВ фазотроне [11].

В 2016 г. был введен в действие первый протонный синхротрон “Прометеус” для внутриклинического размещения, созданный в ФТЦ ФИАН членом-корреспондентом РАН В.Е. Балакиным [13]. В настоящее время терапевтический комплекс располагается в Обнинске на базе НМИЦ радиологии Минздрава России, специалисты центра специализируются на лечении опухолей головы и шеи. За время работы установки в Обнинске эффективное лечение прошли более 300 человек, у которых наблюдается положительная посттерапевтическая динамика онкологического заболевания.

Крайне интересной и перспективной для мирового научного сообщества является тематика терапии радиорезистентных (в том числе и к протонной терапии) опухолей тяжёлыми ионами углерода. По наиболее консервативным оценкам, не менее 10% больных, нуждающихся в лучевом лечении, получают существенный выигрыш от использования ионной терапии — в России это примерно 26 тыс. человек. Исторически, с 1992 г., наибольшим опытом создания подобных комплексов для клинического использования обладают японские инженеры [14]. Сейчас число комплексов терапии тяжёлыми ионами углерода достигло в мире 13. Новые комплексы создаются в Китае и Южной Корее. К сожалению, в настоящий момент Россия не располагает клиническими центрами ионной терапии, хотя работа в этом направлении ведётся.

НМИЦ радиологии Минздрава России поддерживает научные контакты с крупнейшими центрами ионной терапии Японии и Германии. Коллектив центра участвовал в физических исследованиях и математическом моделировании в этой области. Проведя серию биологических исследований пучка ионов углерода ^{12}C на клеточных культурах опухолей и лабораторных животных, сотрудники центра получили уникальный, единственный на территории России опыт доклинического применения пучка ионов углерода ^{12}C . Кроме того, НМИЦ радиологии совместно с НИИ технической физики и автоматизации ГК “Росатом” ведёт работу по созданию отечественного комплекса лучевой терапии (КЛТ-6) на основе ускорителя электронов с энергией 6 МэВ, а совместно с ВНИИ автоматики им. Н.Л. Духова Росатома и НИИТФА создаётся медицинская установка для нейтронной терапии на базе малогабаритного нейтронного генератора НГ-24.

Технологический, научный и производственный потенциал ВНИИА и НИИТФА позволяют с минимальными затратами создать серийное производство компактных и недорогих установок для нейтронной терапии и кардинально расширить применение высокотехнологичной медицины в лечении онкологических больных в России. В 2021 г. планируется начало клинических испытаний.

В конце XX — начале XXI в. во главу угла в ядерной медицине встала не физика, а радиофармацевтика. Возникло новое направление — тераностика, от слов ТЕРАпия и диагНОСТИКА.

Среди основных задач тераностики можно выделить:

- молекулярную визуализацию и точную молекулярно-метаболическую оценку биологиче-

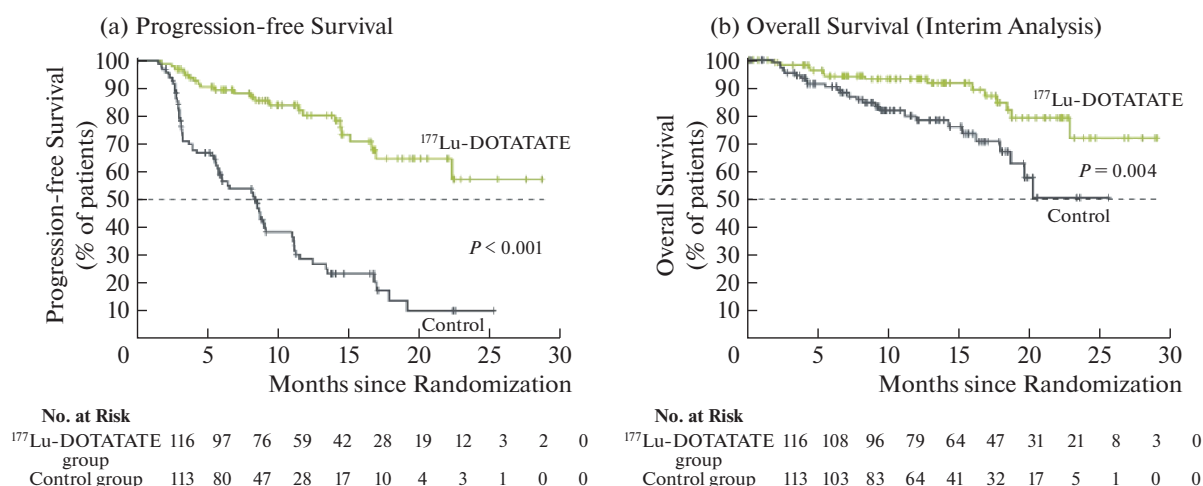


Рис. 6. График выживаемости без прогрессирования заболевания и общая выживаемость пациентов после терапии РФЛП “Лютатерра”

ских процессов, в том числе на ранних стадиях, когда это недоступно другим видам исследования;

- высокоинтенсивное прицельное адресное лучевое воздействие на молекулярно-клеточном уровне непосредственно на клетки и органы-мишени без повреждения здоровых тканей;
- одновременное воздействие на все патологические очаги с возможностью их визуализации;
- посттерапевтический мониторинг состояния организма и патологических очагов.

В мире основные работы стали проводиться не по поиску новых радионуклидов, а по синтезу новых транспортных молекул, благодаря которым, в зависимости от свойств конъюгированных с ними радионуклидов, будут создаваться либо диагностические радиофармацевтические лекарственные препараты, либо РФЛП для терапии.

Так, в НМИЦ радиологии Минздрава России были разработаны и прошли первую фазу клинических испытаний два отечественных РФЛП с рением-188 на основе фосфоновой и золедроновой кислот для радионуклидной терапии костных метастазов. РФЛП показали превосходное накопление в патологических костных структурах с минимальной лучевой нагрузкой на организм в целом. Сейчас делается всё возможное для скорейшей регистрации этих РФЛП для клинического применения их в России.

В 2018 г. в Европе и США был разрешён для клинического применения инновационный зарубежный РФЛП лютатерра, ¹⁷⁷Lu для пептид-рецепторной радионуклидной терапии нейроэндокринных злокачественных новообразований (НЭО). Препарат показал высокую терапевтическую эффективность: в группе пациентов с НЭО, принимающих лютатерру, ¹⁷⁷Lu, общая выжива-

емость за период наблюдения, равный 30 месяцам после терапии, была выше на 45% в сравнении с контрольной группой. В России этот препарат ещё не появился, однако в НМИЦ радиологии Минздрава России совместно с партнёрами ведутся работы по синтезу отечественного аналога этого РФЛП.

Специалистами МРНЦ им. А.Ф. Цыба — филиала НМИЦ радиологии Минздрава России разработана технология получения инновационного отечественного диагностического РФЛП на основе моноклональных антител, чувствительных к простат специфическому мембранному антигену (ПСМА), меченных генераторным радионуклидом технеций-99м для однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) метастатического кастрат-резистентного рака предстательной железы (мКРРПЖ) и лютецием-177 для радиолигандной терапии этого же заболевания. ПСМА обладает высокой экспрессией на поверхности клеток рака предстательной железы. Единственный шанс на успешное лечение мКРРПЖ — его ранняя диагностика. В мире применяются несколько РФЛП для диагностики мКРРПЖ: для позитронно-эмиссионной томографии — ⁶⁸Ga-ПСМА-11, ¹⁸F-ПСМА1007, для ОФЭКТ — ^{99m}Tc-ПСМА-I&S, ^{99m}Tc-MIP-1404, и два РФЛП для радиолигандной терапии мКРРПЖ: ¹⁷⁷Lu-ПСМА-617 и ²²⁵Ac-ПСМА-617. Эти препараты пока нигде в мире не зарегистрированы, однако уже более 10 лет активно и эффективно применяются за рубежом (страны Евросоюза, США, Канада, Китай, Япония, Австралия и др.).

В настоящее время специалистами МРНЦ им. А.Ф. Цыба проводятся работы по созданию инновационных РФЛП на базе фрагментов моноклональных антител (мАт), специфичных к

GD2 ганглиозиду, меченных радионуклидами галлия-68, технеция-99м, актиния-225 и рения-188 для диагностики и лечения злокачественных новообразований. Партнёрами выступают компания ООО “Реал-Таргет” — разработчик анти-GD2 моноклональных антител и их фрагментов, и АО “ГНЦ РФ — ФЭИ” — единственный отечественный производитель сорбционных генераторов рения-188 и раствора актиния-225 медицинского качества.

Инициатива НМИЦ радиологии о возможности изготавливать в клиниках РФЛП, которые успешно применяются за рубежом, но не зарегистрированы в России, была поддержана Минздравом России. В 2019–2020 гг. была проведена и ведётся до сих пор большая работа по изменению нормативного законодательства в этой сфере. Приказом Министерства здравоохранения РФ от 31 июля 2020 г. № 780н “Об утверждении видов аптечных организаций” (вступил в силу с 1 января 2021 г.) введён новый вид аптеки как структурного подразделения медицинской организации — производственная аптека с правом изготовления радиофармацевтических лекарственных препаратов. Готовится к выпуску ещё один приказ Минздрава России о порядке изготовления РФЛП в медицинских организациях, где более подробно прописаны правила изготовления РФЛП. Этот документ заменит действующий приказ № 211н от 27 апреля 2015 г. Основными отличиями устанавливаемого новым приказом порядка являются: уточнение требований, предъявляемых к помещениям, оборудованию, системе документации, персоналу, контролю качества при изготовлении радиофармацевтических лекарственных препаратов, системе обеспечения качества в медицинской организации с учётом норм радиационной безопасности, требований санитарно-эпидемиологических правил и гигиенических нормативов, установленных законодательством Российской Федерации.

Подводя итоги, можно выделить основные тенденции в мировой ядерной медицине будущего:

- чёткое разделение компаний, специализирующихся на диагностике, и компаний, развивающих то или иное направление терапии;
- диагностика останется в сфере компетенций радиофармацевтических компаний, тогда как традиционные фармацевтические компании сосредоточат внимание на терапевтических РФЛП;
- тераностика станет приоритетным направлением развития в радиофармацевтике.

Поэтому в качестве первоочередных задач отечественной ядерной медицины следует определить:

- создание собственных образцов тяжёлой техники для лучевой диагностики и терапии;
- организацию полного цикла производства препаратов в стране — от сырья до вывода на рынок новых РФЛП;
- развитие кадрового потенциала по конструированию, производству, испытанию, введению в серию РФЛП и аппаратуры для ядерной медицины;
- усовершенствование законодательной базы по производству и оказанию медицинских услуг в этой области;
- финансирование, контроль и выполнение НИОКР по развитию ядерной медицины междисциплинарными коллективами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Trombetta M.* Madame Maria Sklodowska-Curie — brilliant scientist, humanitarian, humble hero: Poland's gift to the World // *J. Contemp. Brachytherapy*. 2014 Oct. 6(3): 297-9.
2. *Орлова Г.* Что такое мирный атом // *arzamas.academy*, 2020. <https://arzamas.academy/materials/2199> (дата обращения 17.12.2020).
3. *Каприн А.Д., Чиссов В.И., Дрошинева И.В.* Страницы истории МНИОИ имени П.А. Герцена // МНИОИ им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России, 2020. <https://www.mnloi.nmcr.ru/about/history.php> (дата обращения 17.12.2020).
4. *Rivard M.J., Venselaar J.L., Beaulieu L.* The evolution of brachytherapy treatment planning // *Med Phys*. 2009 Jun. 36(6): 2136-53.
5. *Eaton D.* Electronic brachytherapy — current status and future directions // *British Journal of Radiology*. 2015. March.
6. *Medicine: Radium Drinks* // *TIME USA*. 1932. 11 apr. <http://content.time.com/time/subscriber/article/0,33009,743525,00.html> (дата обращения 17.12.2020).
7. *Hoskin P., Sartor O., O'Sullivan J.M. et al.* Efficacy and safety of radium-223 dichloride in patients with castration-resistant prostate cancer and symptomatic bone metastases, with or without previous docetaxel use: a prespecified subgroup analysis from the randomised, double-blind, phase 3 ALSYMPCA trial // *Lancet Oncol*. 2014 Nov. 15(12):1397-406.
8. *Dash A., Farahati J., Giammarile F., Jalilian A.* Production, Quality Control and Clinical Applications of Radiosynovectomy agents // *IAEA Technical Reports Series*. August 2019.
9. *Кодина Г.Е., Малышева А.О., Клементьева О.Е. и др.* Синорен 188Re — потенциальный радиофармацевтический лекарственный препарат для радиосиноэктомии // *Радиация и риск*. 2018. Т. 27. № 4.

10. Радиофармацевтическая композиция для терапии воспалительных заболеваний суставов на основе радионуклида ^{188}Re и микросфер альбумина крови человека, а также состав и способ её получения: пат. 2698101. Заявители: Дороватовский С.А., Петриев В.М., Зверев А.В., Скворцов В.Г., Каприн А.Д., Антонюк А.В., Лесковец Е.Ю. Заявл. 25.05.2018; регистр. 22.08.2019.
11. 75 лет Атомной промышленности. Опережая время. Государственная корпорация по атомной энергии “Росатом”, 2020. <https://www.atom75.ru/#history> (дата обращения 17.12.2020).
12. History of PET and MRI. U.S. Department of Energy. Molecular Nuclear Medicine Legacy, 2009 Sept. <https://medicalsciences.energy.gov/historypetmri.shtml> (дата обращения 17.12.2020).
13. Первый опыт клинического использования терапевтического протонного комплекса “Прометейс”// Тезисы докладов 2-го Всероссийского съезда по радиохирургии и стереотаксической радиотерапии. СПб., 2016.
14. *Malouff T.D., Mahajan A., Krishnan S. et al.* Carbon Ion Therapy: A Modern Review of an Emerging Technology // *Front Oncol.* 2020;10:82. Published 2020 Feb 4.

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОБЩЕГО СОБРАНИЯ ЧЛЕНОВ РАН
“75 ЛЕТ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ. ВКЛАД АКАДЕМИИ НАУК”

**РОЛЬ РАДИОБИОЛОГИИ И РАДИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ
В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЗАЩИТЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ (ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ)**

© 2021 г. Л. А. Ильин^{a,*}, А. С. Самойлов^{a,**}

^a Государственный научный центр Федеральный медицинский биофизический центр
им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва, Россия

*E-mail: la_ilin@mail.ru

**E-mail: asamoilov@fmbcfmba.ru

Поступила в редакцию 30.12.2020 г.

После доработки 30.12.2020 г.

Принята к публикации 12.01.2021 г.

В статье представлен отечественный опыт научных исследований по радиационной медицине, радиобиологии, радиотоксикологии, радиационной защите и сохранению здоровья работников атомной отрасли и населения, проживающего в районе расположения радиационно-опасных объектов Российской Федерации.

Кроме того, авторы уделяют внимание истории формирования и этапам становления радиационной медицины и радиобиологии в нашей стране, а также современным проектам и перспективам дальнейшего совершенствования медико-санитарного обеспечения работников атомной промышленности.

Ключевые слова: радиационная медицина, радиобиология, радиотоксикология, радиационная защита, радиационно-опасные объекты, медико-санитарное обеспечение работников атомной промышленности.

DOI: 10.31857/S086958732105011X

В нашей стране началом систематизированных исследований в области радиобиологии, радиотоксикологии, радиационной медицины и радиационной безопасности следует считать 29 июня 1946 г. [1].



ИЛЬИН Леонид Андреевич — академик РАН, почётный президент ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. САМОЙЛОВ Александр Сергеевич — член-корреспондент РАН, генеральный директор ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.



Именно тогда специальным Постановлением Совета Министров СССР была создана радиационная лаборатория в качестве самостоятельного научно-исследовательского учреждения в системе Академии медицинских наук, в дальнейшем переименованная в Институт биофизики, который в настоящее время является Государственным научным центром им. А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства.

Уже в феврале 1947 г. президентом Академии медицинских наук Н.Н. Аничковым и директором этой лаборатории, членом-корреспондентом АМН СССР Г.М. Франком был представлен доклад о предлагаемых направлениях и планах работ радиационной лаборатории, который был заслушан на заседании научно-технического совета (НТС) Первого главного управления Совета Министров СССР, отвечавшего за разработку и создание атомного оружия в СССР. В обсуждении доклада приняли активное участие председатель НТС, научный руководитель атомного проекта академик И.В. Курчатов и крупнейшие учёные в



Рис. 1. Основоположники радиационной медицины и радиобиологии Г.М. Франк, А.А. Летавет, Ф.Г. Кротков, Е.И. Смирнов

этой области — академики Н.Н. Семёнов, Ю.Б. Харитон, И.К. Кикоин и другие.

В интересах исторической объективности следует отметить, что в конце 1946 г. в посёлке Сунгуль на Урале в недрах 9-го Управления НКВД была создана, к сожалению, мало кому известная и в настоящее время, совершенно секретная Лаборатория “Б”, в которой работали расконвоированные учёные, отобранные из лагерей ГУЛАГа, интернированные немецкие специалисты и вольнонаёмные научные сотрудники [2].

По имеющимся данным, к работам, начатым в радиационной лаборатории Института биофизики, с 1950-х годов было привлечено более 30 институтов и лабораторий Академии наук, Министерства здравоохранения, Министерства обороны, Минсредмаша, кафедр и лабораторий Минвуза. Координацию их деятельности осуществляла Проблемная комиссия № 1 союзного значения и секция № 5 НТС Минсредмаша [3].

Таким образом, история формирования радиационной медицины и радиобиологии в нашей стране связана с разработкой ядерного оружия и становлением атомной индустрии. У истоков развития названных наук стояли выдающиеся учёные и организаторы здравоохранения: член-корреспондент Академии наук СССР Г.М. Франк, академики Академии медицинских наук СССР А.А. Летавет, Ф.Г. Кротков, Е.И. Смирнов.

Одним из ведущих направлений научных исследований в области радиационной медицины и радиоэпидемиологии стало изучение отдалённых последствий облучения персонала и населения, включая оценку риска онкологических и генетических эффектов. Эта задача решается путём создания медико-дозиметрических регистров (МДР), социальная значимость которых определяется уникальным сочетанием накопленного исторического опыта отечественной радиационной медицины и современных высокоэффективных компьютерных технологий.

К основным медико-дозиметрическим регистрам можно отнести:

- Региональный регистр облучённых лиц из населённых пунктов бассейна реки Теча;
- Отраслевой регистр лиц, имеющих профессиональные заболевания;
- Отраслевой МДР ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС — работников Министерства атомной энергетики и промышленности;
- Регистр острых лучевых поражений человека;
- Региональный МДР персонала Сибирского химического комбината (Северск);
- Региональный МДР персонала Горно-химического комбината (Железногорск);
- Национальный радиационно-эпидемиологический Чернобыльский регистр (Обнинск).

На основе регистра персонала Производственного объединения “Маяк” создана объединённая когорта, насчитывающая около 57 тыс. работников, для которых имеются оценки доз внешнего излучения, а для части работников оценены уровни воздействия инкорпорированного плутония. Изучение отдалённых последствий облучения у этой когорты — приоритетное направление мирового уровня новизны.

В ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России с 1985 г. ведутся не имеющий аналогов в мире регистр и база данных по острым лучевым поражениям человека [4, 5]. На основе этих данных в 2016–2019 гг. выпущены русская и английская версии единственного в мире атласа “Острая лучевая болезнь человека” [6, 7], содержащего уникальные данные по клинической картине и дозиметрическим характеристикам более 150 лиц с острыми радиационными поражениями.

Проблеме научной разработки методов и способов защиты населения, оказавшегося в орбите радиационного воздействия аварийных объектов, всегда уделялось большое внимание. Огромный опыт, накопленный в России, освещён в многочисленных публикациях [3, 8].



Рис. 2. Академик РАН, почётный президент ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России Л.А. Ильин с изданием “Радиационные аварии”

В качестве примера приведём книгу “Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры”, переведённую на английский и японский языки [9], и фундаментальное издание “Радиационная медицина. Руководство для врачей-исследователей и организаторов здравоохранения” в четырёх томах под общей редакцией академика Л.А. Ильина [10].

Известно, что клиника ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России в силу многих причин имеет богатый опыт диагностики, лечения и медицинской реабилитации больных острой лучевой болезнью [10, т. 2]. На основании этого опыта впервые в мировой практике были разработаны классификация различных форм лучевых поражений как от внешнего, так и внутреннего облучения человека, принципы биодозиметрии и цитогенетические методы, а также предложены эффективные схемы лечения костномозговой формы острой лучевой болезни и местных лучевых поражений [6, 11].

Сегодня одно из активно развивающихся инновационных направлений — лечение местных лучевых поражений мезенхимальными стволовыми клетками в сочетании с микрохирургической техникой. Получены обнадеживающие экспериментальные результаты: разработанная ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна методика ускоряет заживление раневой поверхности в 2 и более раз. Подробнее с ними можно ознакомиться в международном рецензируемом журнале “Cells” от сентября 2020 г., где опубликована совместная статья

специалистов ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна и Института ядерной и радиационной безопасности Франции [12].

В последние годы приоритетными являются научные исследования в области молекулярных, биохимических и генетических механизмов формирования лучевого поражения и пострadiационного восстановления, поскольку учёные сосредоточили свои усилия на исследовании роли ДНК и систем её репарации как одного из ключевых элементов живых систем. Радиобиологами изучались молекулярные и клеточные механизмы гибели облучённых клеток. Эти работы представляют значительный интерес как для формирования концептуальных основ патогенеза радиационных поражений, так и для разработки адекватных методов и способов профилактики и терапии лучевых поражений [13–16].

В настоящее время для выполнения задач по обеспечению радиационной безопасности персонала и населения крайне необходимы новые высокочувствительные технологии биодозиметрии, которые превосходят традиционно используемые цитогенетические тесты. Сейчас разрабатываются технологии биодозиметрии радиационных воздействий, позволяющие повысить порог чувствительности до 30–50 мГр, что крайне актуально для восстановления доз как у стажированных сотрудников, так и в результате радиационных аварий [17–20].

Широкомасштабные экспериментальные исследования в области радиотоксикологии выполнены отечественными учёными-медиками с участием физиков-дозиметристов. Детально изучена радиотоксикология основных биологически значимых радионуклидов: плутония-239, полония-210, цезия-137, стронция-90, йода-131 и др. [21–23]. Оценены поражающие дозы на критические органы и красный костный мозг, разработаны радиозащитные препараты [24].

На основе исследований по радиотоксикологии предложены и внедрены в практику радиофармпрепараты в качестве основы ядерной медицины и лекарственные соединения для предотвращения инкорпорации радиоактивных веществ и стимуляции их выведения из организма. В 1972 г. профессором Н.Н. Суворовым и его сотрудниками было синтезировано химическое соединение из группы биологических аминов [25]. Лекарственные формы этого соединения испытывались на различных воинских контингентах, включая экипажи двух атомных подводных лодок, возвратившихся с боевого дежурства. Этот радиопротектор получил официально название индралин, а его лекарственная форма в таблетках для перорального применения — Б-190, в честь А.И. Бурназяна. Масштаб проводимых доклинических и клиниче-

Радиопротекторы

- Индралин
- Б-190 – индралин в форме таблеток

Назван в честь А.И. Бурназяна



Б-190 – препарат профилактического и немедленного применения при гамма- и гамма-нейтронном облучении

Включён в противоаварийную аптечку персонала ГК “Росатом”

Препараты для раннего лечения ОЛБ и МЛП

- Рибоксин
- Латран
- Дезоксинат
- Продигозан
- Беталейкин
- Лиоксазол
- Лиоксазин

Препараты для выведения радионуклидов из организма

- Йодид калия
- Цинкацин
- Ферроцин
- Пентацин
- Альгисорб

Рис. 3. Отечественные фармакологические средства защиты при гамма- и гамма-нейтронном облучении

ских экспериментальных исследований радиопротекторов сопоставим с масштабом современных исследований в области лечения новой коронавирусной инфекции. Неслучайно многие проводят аналогию между COVID и радиацией: оба врага невидимы, оба представляют серьёзную опасность для жизни и здоровья людей. В настоящее время Б-190 является табельным препаратом профилактического и немедленного применения при гамма- и гамма-нейтронном облучении на объектах ГК “Росатом”, Минобороны, МЧС и в других организациях. Препарат Б-190 включён также в противоаварийную аптечку персонала ГК “Росатом”. В качестве радиопротектора экстренного действия, применяемого в течение 2–3 часов после облучения, рекомендован также бета-лейкин отечественного производства, а в качестве средства комплексного лечения острой лучевой болезни – оригинальный препарат на основе ДНК – дезоксинат (деринат).

В отечественной линейке средств защиты от инкорпорации наиболее биологически значимых радионуклидов разработаны: препарат стабильного йода (КJ) в дозировке для взрослых и детей – при воздействии радионуклидов йода; сорбент ферроцин – для связывания в желудочно-кишечном тракте радиоактивного цезия; ионообменные сорбенты адсорбар и полисурмин – для поглощения радионуклидов стронция. Для ускорения выведения из организма радиоактивных веществ применяются комплексобразующие препараты: оксатиол для борьбы с инкорпорацией полония-210, пентацин-ДТПА (тринатрийкальциевая соль дитилентриаминпентауксусной кислоты) и соответственно цинковая соль этого соединения –

цинкацин для стимуляции выведения радиоактивных изотопов редкоземельных элементов, плутония и трансплутониевых элементов.

Среди различных методов и способов защиты человека от техногенного облучения исключительная роль принадлежит регламентации (нормированию) радиационного воздействия на людей и жёсткому соблюдению соответствующих правил. Инициатором этих работ был И.В. Курчатов. В начале 1949 г. он поручил Институту биофизики разработку и обоснование временных предельно допустимых уровней облучения профессиональных работников от воздействия осколочных радионуклидов – продуктов деления урана и плутония. Заодно Игорь Васильевич передал учёным института сведения, в то время строго секретные, о свойствах этих радиоактивных веществ.

В 1952 г. при Министерстве здравоохранения СССР была создана Национальная Комиссия по радиационной защите, основной задачей которой стала разработка общегосударственных норм радиационной безопасности, выполнение которых было обязательным для всех предприятий, где применялись, производились, перерабатывались, хранились и транспортировались радиоактивные вещества. В 1960 г. были утверждены первые допустимые уровни, затем – “Нормы радиационной безопасности” и “Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности”. На основе многолетнего опыта радиационно-гигиенического сопровождения работ на всех звеньях ядерного топливного цикла были разработаны “Санитарные правила проектирования предприятий

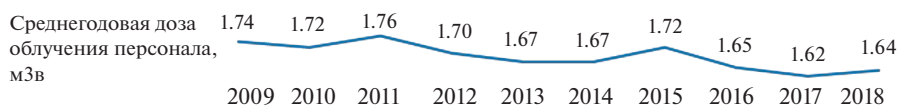


Рис. 4. Динамика доз облучения персонала ГК “Росатом”, 2009–2018 гг.

и установок атомной промышленности” и “Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций”. В настоящее время нами завершена подготовка нового регулирующего документа – Санитарных правил “Обеспечение радиационной безопасности при выводе из эксплуатации блока атомной станции”.

В результате внедрения в практику этих документов, при строгом соблюдении производственной дисциплины на объектах ГК “Росатом” в настоящее время, по данным дозиметрического мониторинга, среднегодовая доза облучения персонала не превышает установленной нормами радиационной безопасности (2009) величины – 20 мЗв в год – и составляет доли от этого значения (рис. 5).

Опыт радиационно-гигиенических работ в период создания и функционирования предприятий атомной индустрии определил требования учёных-медиков о необходимости создания трёхзональной системы при планировании, строительстве и эксплуатации соответствующих объектов. Речь идёт о последовательности прохождения работников из так называемых грязных зон радиоактивного загрязнения в чистые помещения под постоянным дозиметрическим контролем. Внедрение этого принципа защиты от радиации сыграло огромную роль в обеспечении радиационной безопасности работников атомной отрасли.

Относительно соблюдения регламентов, о которых говорилось выше, можно привести следующий факт: по сравнению с 2000 г. число работников ядерного топливного цикла, имеющих индивидуальную эффективную дозу облучения 20 мЗв/год, к сегодняшнему дню сократилось с 547 человек практически до единичных случаев. Напомним, что под дозиметрическим контролем в ГК “Росатом” состоят 65 600 специалистов. За

последние 23 года среди работников корпорации не было зафиксировано случаев острой лучевой болезни – лишь два случая местных радиационных поражений были установлены в 2012 г.

Благодаря реализации научно обоснованной системы медицинского обслуживания и санитарно-гигиенического регулирования в области радиационной безопасности показатели профессиональной заболеваемости, которые с учётом данных ведомственного регистра о профессиональных заболеваниях среди работников ГК “Росатом” в сравнении с профессиональной заболеваемостью в других отраслях промышленности весьма невысоки, а вклад заболеваний, которые можно связать с радиационным фактором, составляют единицы процентов. Это единичные случаи: на протяжении многих лет ионизирующее излучение выступает в качестве причины профессиональных заболеваний (онкологических) только у стажированных работников в горнорудном уранодобывающем производстве.

В последние годы по инициативе руководства Госкорпорации “Росатом” выполняется амбициозная программа, получившая название “Прорыв”, посвящённая ядерным энерготехнологиям нового поколения и новой платформе ядерной энергетики. Это создание замкнутого ядерного топливного цикла на базе реакторов на быстрых нейтронах, работающих на новом виде ядерного топлива – смешанном нитридном уран-плутониевом топливе. Располагая большим опытом исследований по медико-гигиеническому и дозиметрическому сопровождению разработки технологий и производства оксидного уран-плутониевого топлива и регенерированного урана, учёные и специалисты ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна в настоящее время изучают радиационную обстановку и готовят медико-технические требования к обеспечению радиационной безопасности персонала

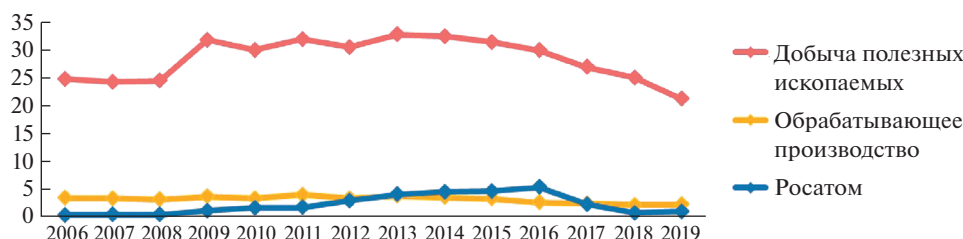


Рис. 5. Динамика профессиональной заболеваемости работников ГК “Росатом”



Рис. 6. Авторы респиратора ШБ-1 “Лепесток-200” С.Н. Шатский, И.В. Петрянов-Соколов, С.М. Городинский, П.И. Басманов

опытного демонстрационного комплекса, создаваемого на одном из атомных комбинатов. Следующим этапом будет обоснование проектных решений и требований для обеспечения радиационной безопасности при промышленной реализации проекта “Прорыв” для профессиональных работников и населения, проживающего в зоне его влияния.

В рамках дальнейшего совершенствования медико-санитарного обеспечения работников атомной индустрии приоритетными являются следующие научно-практические направления:

- совершенствование и разработка новых медико-санитарных технологий, направленных на обеспечение радиационной безопасности;
- завершение создания единой системы радиационно-гигиенического реагирования и медицинских аспектов защиты людей в случае радиационных аварий;
- дальнейший поиск и разработка методов и средств профилактики и лечения лучевой патологии человека, включая инновационные биомедицинские технологии;
- совершенствование методологии изучения отдалённых последствий облучения персонала радиационно-опасных объектов и населения;
- осуществление специалистами ФМБА России международного взаимодействия по ядерному обнаружению, ситуационному реагированию и противодействию ядерному терроризму [26];

это новое научное направление — медико-биологическая ядерная криминалистика;

- постепенный переход к профилактическому направлению в отношении выявления профессиональных и социально-значимых заболеваний, вносящих основной вклад в трудовые потери атомной отрасли.

Одно из важнейших направлений в области защиты человека от воздействия радиоактивных веществ — научные исследования и разработки с целью создания средств индивидуальной защиты. В начальный период становления атомной отрасли, когда концентрация радиоактивных аэрозолей в воздухе рабочих зон в большинстве случаев превышала нормативные значения в сотни и тысячи раз, актуальной задачей было создание средств защиты органов дыхания. Примером успешного решения этой проблемы стало создание в конце 1950-х годов знаменитых одноразовых респираторов ШБ-1 “Лепесток” из так называемой петряновской фильтрующей ткани (по имени выдающегося отечественного учёного академика И.В. Петрянова-Соколова). Их эффективность при малом сопротивлении дыханию достигала 99%. Эта работа была отмечена Ленинской премией [27].

К началу 2019 г. выпуск ШБ-1 “Лепесток” достиг 6 млрд экземпляров, и он с успехом используется во многих отраслях промышленности. На рисунке 7 представлены разработанные при



Рис. 7. Средства индивидуальной защиты от ионизирующих излучений, бактерий и вирусов

участии специалистов Института биофизики изолирующие костюмы для работы с радиоактивными веществами, в том числе с принудительной подачей воздуха. Отвечая на запросы времени, ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна совместно с НИЦ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалея Минздрава России создали технологию радиационной обработки спецодежды, используемой при работе с коронавирусной инфекцией, с целью её повторного применения в случае чрезвычайных ситуаций.

Обращаясь к проблеме радиационных аварий, отметим, что, по данным регистра ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, в СССР в общей сложности произошло 352 радиационных аварии в учреждениях гражданского профиля и на объектах Минсредмаша, Министерства атомной энергетики и промышленности и Министерства обороны (табл. 1). Общее число инцидентов составило 748 случаев, из них острая лучевая болезнь (ОЛБ) различной степени тяжести установлена у 352 человек, было зарегистрировано 70 летальных исходов. Наибольшее число случаев ОЛБ — 134, произошло в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Речь идёт о двух контингентах — свидетелях аварии и пожарных. Среди так называемых ликвидаторов — контингента, привлечённого к аварийным работам на ЧАЭС и в 30-километровой зоне, случаев ОЛБ установлено не было, равно как и у населения, проживавшего в зонах радиоактивного загрязнения [4, 5].

Через год после событий в Чернобыле Институт биофизики направил фундаментальный отчёт в Научный комитет по действию атомной радиации Организации Объединённых Наций — наиболее авторитетный в мире научный орган в этой области. В докладе Генеральной Ассамблеи ООН в 1988 г. этот комитет следующим образом оценил

деятельность учёных-медиков: “Представленная СССР информация является исчерпывающей и очень ценной. Комитет считает, что он в долгу перед всеми авторами за их готовность поделиться своим опытом и желает отметить их профессиональное мастерство и человеческое сострадание, проявленное в связи со столь трагическими обстоятельствами” [28].

Проблеме научной разработки методов и способов защиты населения, оказавшегося в орбите радиационного воздействия аварийных объектов, всегда уделялось большое внимание. Следует напомнить, что ещё за 19 лет до чернобыльской аварии отечественными учёными на основании собственных экспериментальных данных и испытаний на добровольцах была составлена и утверждена Минздравом СССР “Инструкция по йодной профилактике в случае радиационных аварий на ядерных реакторах”, а в 1970 г. Минздрав СССР утвердил несекретные “Временные методические указания для разработки мероприятий по защите населения в случае аварий ядерных реакторов”, подготовленные также под руководством Института биофизики [29].

В рамках анализа радиационных аварий чернобыльская катастрофа, прежде всего в силу её масштабов, занимает особое место. Напомним, что в результате этой аварии радиоактивному загрязнению (внутри изолинии 1 Кюри/км²) подверглась территория европейской части СССР площадью около 150 тыс. км², на которой проживало порядка 6.2 млн человек. В кратчайшие сроки было необходимо решить задачу выработки научно обоснованной стратегии действий государства по защите населения в этой беспрецедентной и жизненно важной ситуации. Группой учёных, работавших на аварийном объекте в со-

Таблица 1. Регистр радиационных аварий и инцидентов на территории СССР и России, 1949–2016 гг.

Вид инцидента	Число инцидентов	Число пострадавших		
		всего	с ОЛБ	умершие
Инциденты с источниками излучений	90	154	45	15
Рентгеновские установки и ускорители	43	52	—	—
Реакторные инциденты и потеря контроля над критичностью делящегося материала (без ЧАЭС 1986 г.)	33	82	73	13
Чернобыльская авария 1986 г.	1	134	134	28
Случаи с МЛП на ПО “Маяк” (1949–1956)	168	168	—	—
Аварии на атомных подводных лодках и нештатные ситуации на ядерных испытаниях	5	141	93	12
Другие инциденты	12	17	7	2
Итого	352	748	352	70

трудничестве со специалистами Госкомгидромета и агропромышленного комплекса под научным руководством академиков Л.А. Ильина и Ю.А. Израэля, впервые в мировой практике в течение двух недель после аварии были разработаны “Рекомендации по критериям возможности проживания населения, необходимости отселения и временной эвакуации на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС”. В этом документе, утверждённом на высшем уровне 22 мая 1986 г., были установлены аварийные регламенты облучения населения — 100 мЗв за первый год после аварии (с последующим снижением этой величины) и впервые осуществлено зонирование территорий по уровням гамма-излучения на местности. В зонах с высокими уровнями радиоактивного загрязнения (зоны жёсткого контроля), где без принятия мер ограничения дозовые нагрузки на людей могли превысить 100 мЗв/год, проживало 273 тыс. человек в 789 населённых пунктах. В этих зонах, согласно Рекомендациям, были введены способы ограничения жизнедеятельности населения — запрет на потребление молока и местных пищевых продуктов с заменой на “чистые” продукты, преимущественное пребывание людей в зданиях, а не на открытой местности и т.п. В результате удалось снизить дозовую нагрузку в 3 раза по сравнению с установленными регламентами. Обеспечение радиационной безопасности населения, проживавшего в зонах радиоактивного загрязнения, потребовало многочисленных расчётов допустимых уровней внутреннего облучения (100 мЗв общего облучения — временный аварийный норматив). В этот же период были разработаны методические рекомендации по радиационно-гигиеническому контролю на местах

и на предприятиях по производству пищевых продуктов.

Мероприятия по защите людей, включая анализ радиационной обстановки и дозовые нагрузки на население пострадавших районов, позволили учёным-медикам сделать предварительный прогноз возможных отдалённых последствий в виде онкологической заболеваемости [3]. Этот прогноз свидетельствовал о крайне малой вероятности заболеваний радиационно индуцированными лейкозами и солидарными раками, за исключением ожидаемого роста числа злокачественных опухолей щитовидной железы среди детей. В последнем случае свою негативную роль сыграли причины административного, организационного, бюрократического характера, помешавшие практической реализации разработанных задолго до чернобыльской аварии методов и способов йодной профилактики и других рекомендаций. Указанные выше прогнозы были подтверждены рядом зарубежных и отечественных специалистов.

В результате аварии на ЧАЭС также остро встал вопрос о судьбе трёхмиллионного населения г. Киева — столицы Украины, так как 7 мая 1986 г. Политбюро ЦК Украины планировало эвакуацию всего детского населения, а следовательно и большинства взрослых в не затронутые радиацией районы. Основываясь на научных данных о радиационной обстановке и её прогнозе Ю.А. Израэль и Л.А. Ильин на заседании Политбюро выступили против этого предложения. В результате эта акция с очевидными тяжёлыми социально-экономическими последствиями была предотвращена, а обоснованность позиции учёных в дальнейшем полностью подтвердилась.

В заключение хотелось бы отметить, что впервые за всю историю нашей страны Российская академия наук посвящает Научную сессию Общего собрания юбилейной дате отдельной отрасли. История Атомного проекта свидетельствует, скорее, не о вкладе Академии наук в развитие атомной отрасли, а о её приоритетной роли в этом эпохальном начинании. Пророческие слова выдающегося российского учёного-физиолога академика И.П. Павлова, сказанные им более 100 лет тому назад, в 1914 г., как никогда созвучны проблемам сегодняшнего дня: “Что нам, русским, нужно сейчас в особенности — это пропаганда научных стремлений, обилие научных средств и страстная научная работа. Очевидно, что наука становится главнейшим рычагом жизни народов; без неё нельзя удержать ни самостоятельность, ни, тем более, достойного положения в мире”.

ЛИТЕРАТУРА

1. Наука и общество: история советского Атомного проекта (40–50-е годы) / Труды международного симпозиума ИСАП-96. М.: ИздАТ, 1997.
2. Емельянов Б.М. Лаборатория “Б”. Сунгульский феномен / Б.М. Емельянов, В.С. Гаврильченко. Снежинск: Изд-во РФЯЦ–ВНИИТФ, 2000.
3. Ильин Л.А. Реалии и мифы Чернобыля. 2-е изд. испр. и доп. М.: НПП “ALARA”, 1996.
4. Ильин Л.А., Соловьёв В.Ю. Непосредственные медицинские последствия радиационных инцидентов на территории бывшего СССР // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2004. № 6. С. 37–48.
5. Соловьёв В.Ю., Самойлов А.С., Бушманов А.Ю., Ильин Л.А. Острые радиационные поражения у пострадавших в радиационных инцидентах на территории бывшего СССР 1949–1991 гг. и Российской Федерации 1992–2015 гг. (обзор) // Ядерные технологии на страже здоровья: сборник тезисов Международного научно-практического форума. М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2016. С. 24–26.
6. Барабанова А.В., Баранов А.Е., Бушманов А.Ю. и др. Острая лучевая болезнь человека. Атлас / Под ред. А.С. Самойлова и В.Ю. Соловьёва. М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2016–2017.
7. Atlas. Acute radiation syndrom / A.V. Barabanova, A.E. Baranov, A.Yu. Bushmanov et al. / Ed. by A.S. Samoilov and V.Yu. Soloviev. M.: SRC–FMBC. 2019.
8. Аветисов Г.М., Антипин Е.Б., Барабанова А.В. и др. Организация санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий при радиационных авариях: руководство / Под ред. Л.А. Ильина. М.: Всероссийский центр медицины катастроф “Защита” Росздрава, 2005.
9. Алексахин Р.М., Булдаков Л.А., Губанов В.А. и др. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Под ред. Л.А. Ильина, В.А. Губанова. М.: ИздАТ, 2001.
10. Радиационная медицина. Руководство для врачей-исследователей и организаторов здравоохранения: в 4-х томах / Под общей ред. Л.А. Ильина. М.: ИздАТ, 1999–2004.
11. Гуськова А.К., Галстян И.А., Гусев И.А. Авария на Чернобыльской атомной станции (1986–2011): последствия для здоровья, размышления врача / Под общей ред. А.К. Гуськовой. М.: ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, 2011.
12. Brunchukov V., Astrelina T., Usupzhanova D. et al. Evaluation of the Effectiveness of Mesenchymal Stem Cells of the Placenta and Their Conditioned Medium in Local Radiation Injuries // Cells. 2020. № 9 (12). 2558.
13. Озеров И.В., Осипов А.Н. Особенности индукции и репарации двунитевых разрывов ДНК в клетках млекопитающих при действии редкоизирующего излучения с различной мощностью дозы. М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2016.
14. Tsvetkova A., Ozerov I.V., Pustovalova M. et al. γ H2AX, 53BP1 and Rad51 protein foci changes in mesenchymal stem cells during prolonged X-ray irradiation // Oncotarget. 2017. № 8(38). P. 64317–64329.
15. Osipov A.N., Grekhova A., Pustovalova M. et al. Activation of homologous recombination DNA repair in human skin fibroblasts continuously exposed to X-ray radiation // Oncotarget. 2015. № 6(29). P. 26876–26885.
16. Babayan N., Vorobyeva N., Grigoryan B. et al. Low repair capacity of DNA double-strand breaks induced by laser-driven ultrashort electron beams in cancer cells // International Journal of Molecular Sciences. 2020. № 21(24). pii 9488.
17. Rapid Diagnosis in Populations at Risk from Radiation and Chemicals / Ed. by A. Cebulski-Wasilewska, A.N. Osipov and F. Darroudi. IOS Press. V. 73. NATO Science for Peace and Security Series – E: Human and Societal Dynamic. November 2010.
18. Pustovalova M., Astrelina T.A., Grekhova A. et al. Residual γ H2AX foci induced by low dose x-ray radiation in bone marrow mesenchymal stem cells do not cause accelerated senescence in the progeny of irradiated cells // Aging (Albany NY). 2017. № 9 (11). P. 2397–2410.
19. Osipov A.N., Pustovalova M., Grekhova A. et al. Low Doses of X-rays Induce Prolonged and ATM-independent Persistence of γ H2AX Foci in Human Gingival Mesenchymal Stem Cells // Oncotarget. 2015. № 6(29). P. 27275–27287.
20. Ulyanenko S., Pustovalova M., Koryakin S. et al. Formation of γ H2AX and pATM Foci in Human Mesenchymal Stem Cells Exposed to Low Dose-Rate Gamma-Radiation // International Journal of Molecular Sciences. 2019. № 20(11). P. 2645.
21. Ильин Л.А., Архангельская Г.В., Константинов Ю.О., Лихтарев И.А. Радиоактивный йод в проблеме радиационной безопасности / Под ред. Л.А. Ильина. М.: Атомиздат, 1972.
22. Абрамов Ю.В. и др. Плутоний. Радиационная безопасность / Под общей ред. Л.А. Ильина. М.: ИздАТ, 2005.
23. Борисов Н.Б., Ильин Л.А., Маргулис У.Я. и др. Радиационная безопасность при работе с полонием-210 /

- Под ред. И.В. Петрянова, Л.А. Ильина. М.: Атомиздат, 1980.
24. Калистратова В.С., Беляев И.К., Жорова И.К. и др. Радиобиология инкорпорированных радионуклидов / Под ред. В.С. Калистратовой. Изд. 2-е, переработанное. М.: ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2016.
25. Ильин Л.А., Рудный Н.М., Суворов Н.Н. и др. Индралин — радиопротектор экстренного действия. Противолучевые свойства. Фармакология, механизм действия, клиника. М.: ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 1994.
26. Грачёв М.И., Ильин Л.А., Квачева Ю.Е. и др. Медицинские аспекты противодействия радиологическому и ядерному терроризму / Под общей ред. Л.А. Ильина. М.: ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2018.
27. Петрянов И.В., Кошечев Ф.С., Басманов П.И. и др. Лепесток. Лёгкие респираторы. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 2015.
28. Резолюции 43-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН (1988—1989 годы)
<https://www.un.org/ru/ga/43/docs/43res.shtml>
29. Дибобес И.К., Ильин Л.А., Козлов В.М. и др. Временные методические указания для разработки мероприятий по защите населения в случае аварии ядерных реакторов. М., 1971.

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОБЩЕГО СОБРАНИЯ ЧЛЕНОВ РАН
“75 ЛЕТ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ. ВКЛАД АКАДЕМИИ НАУК”

ГЛОБАЛЬНАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ В ЯДЕРНОМ МИРЕ

© 2021 г. А. Г. Арбатов

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

E-mail: alarbatov@gmail.com

Поступила в редакцию 23.12.2020 г.

После доработки 23.12.2020 г.

Принята к публикации 19.01.2021 г.

Понятие “стратегическая стабильность” получила официальное определение в Совместном заявлении России и Соединённых Штатов в 1990 г. как “состояние стратегических отношений сторон, устраняющее стимулы для нанесения первого ядерного удара”. Это понимание нашло отражение в Договоре СНВ-1 и пяти последующих договорах, включая текущий Договор СНВ-3 (2010). Благодаря им, по принятым тогда критериям стратегической стабильности, современный стратегический баланс России и США выглядит намного более устойчивым и исключает возможность и стимулы для первого ядерного удара. Тем не менее стратегическая стабильность в настоящее время опасно расшатывается из-за распада режимов контроля над ядерным оружием, изменения ядерного мирового порядка, а также под влиянием военно-технического развития. Доводы в пользу упразднения системы и процесса контроля над вооружениями, как и предлагаемые альтернативы им, не выдерживают критики. Вместе с тем очевидно, что 30 лет спустя после Совместного заявления России и Соединённых Штатов от 1990 г. концепция стратегической стабильности требует обновления с учётом изменившихся условий и новых угроз. На таком обновлённом понимании стратегической стабильности следует строить дальнейшие переговоры об ограничении вооружений. Одновременно переговоры с США должны опираться на твёрдый фундамент в виде эффективного российского потенциала сдерживания с акцентом на повышение живучести и боеготовности информационно-управляющих систем, наступательных и оборонительных систем оружия.

Ключевые слова: глобальная стабильность, стратегическая стабильность, контроль над вооружениями, ядерное сдерживание, сверхдержавы, новый миропорядок.

DOI: 10.31857/S0869587321050030

“Глобальная стабильность” — весьма неопределённое понятие, подразумевающее планету без войн и нарушений международного права, мировую гармонию и всеобщую безопасность. Понятно, что состояние современного мира очень отличается от подобной идеальной модели. В то же время поиск путей продвижения в указанном на-



АРБАТОВ Алексей Георгиевич — академик РАН, руководитель Центра международной безопасности ИМЭМО РАН.

правлении требует анализа не желаемого, а существующего порядка вещей, в том числе в сфере ядерного оружия и контроля над вооружениями. Именно на таком анализе должны основываться предложения по достижению намеченной цели. Поэтому названную тему предпочтительно толковать как проблему стратегической стабильности, которая относится к ядерным вооружениям глобальной дальности действия. Понятие “стратегическая стабильность” в последнее время используется политиками субъективно и весьма произвольно, что усугубляет противоречия по этому вопросу, для которых и без того есть серьёзные объективные причины. Между тем эта концепция имеет достаточно конкретное с точки зрения научного анализа содержание. Она вполне определённо связана с доктринами и средствами ядерного сдерживания, лежащего в основе национальной безопасности и стратегических отношений великих держав.

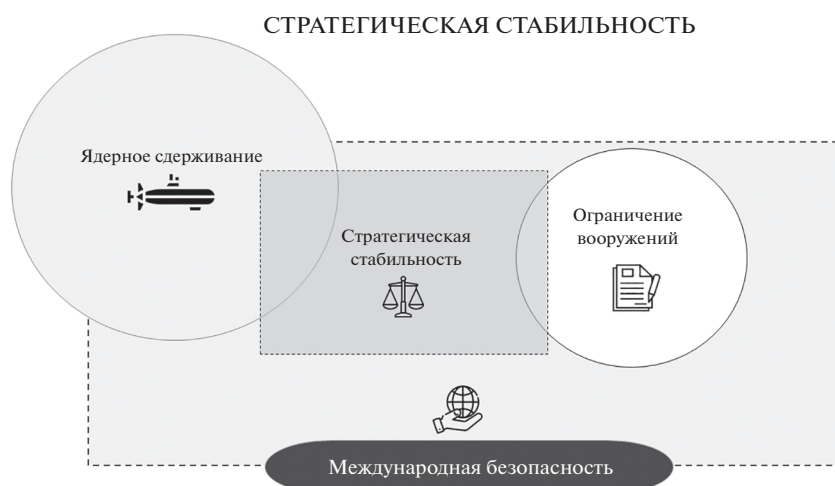


Рис. 1. Стратегическая стабильность

СУТЬ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ

Как показал опыт холодной войны, без договоров по ограничению ядерного оружия (ЯО) ядерное сдерживание стимулирует гонку вооружений, периодически обостряет угрозу ядерной войны и влечёт за собой большие материальные затраты. Исходя из этого опыта с 1960-х годов началось создание системы контроля над ядерным оружием. Его важнейшими вехами стали Договор о прекращении ядерных испытаний в атмосфере, под водой и в космосе (1963), о запрещении вывода ЯО в космическое пространство (1967) и о нераспространении ядерного оружия (1968). Затем процесс контроля был перенесён непосредственно на носители ядерного оружия и привёл к первому успеху — Договору по ограничению систем противоракетной обороны (ДПРО) и Соглашению об ограничении наступательных стратегических вооружений (ОСВ-1) в 1972 г.

Поначалу переговоры по стратегическим вооружениям опирались на принцип паритета (“равенства и одинаковой безопасности”), но с внедрением в 1970-е годы многозарядных баллистических ракет (с разделяющимися головными частями индивидуального наведения — РГЧ ИН) этот принцип оказался недостаточно ёмким. Теоретически системы РГЧ ИН позволяли наносить обезоруживающий ядерный удар по противнику даже в условиях паритета сторон по носителям и ядерным боезарядам. Тогда в основу соглашений по ограничению и сокращению наступательных стратегических вооружений (СНВ) был поставлен принцип стратегической стабильности. Он служил фундаментом переговоров в последние 30 лет и тем самым стал связующим звеном между ядерным сдерживанием и международной безопасностью (рис. 1).

Понятие “стратегическая стабильность” было сформулировано в качестве правовой нормы в июне 1990 г. в Совместном заявлении СССР и Соединённых Штатов [1]. Это понятие определялось как стратегические отношения, *устраняющие стимулы для нанесения первого ядерного удара*. Для формирования таких отношений будущие договоры о сокращении стратегических наступательных вооружений (СНВ) должны были включать ряд согласованных элементов:

- взаимосвязь между стратегическими наступательными и оборонительными вооружениями (чтобы оборона не могла ослабить ответный удар другой стороны);
- уменьшение концентрации боезарядов на стратегических носителях (чтобы одним носителем с несколькими боезарядами нельзя было поразить на стартовых позициях несколько носителей противника с гораздо большим числом боезарядов);
- оказание предпочтения средствам, обладающим повышенной выживаемостью (чтобы их невозможно было уничтожить до запуска упреждающим ударом).

Важно подчеркнуть, что эти принципы не являлись теоретическими построениями, а были согласованы в качестве рабочей схемы Договора СНВ-1 (1991). В дальнейшем они нашли отражение в пяти последующих договорах, включая текущий Договор СНВ-3 (2010). По принятым критериям стратегической стабильности нынешний стратегический баланс России и США выглядит намного более устойчивым и исключает возможность, а значит, и стимулы для первого ядерного удара. Стратегические боезаряды были сокращены в 7 раз, носители — в 3 раза, доля живучих систем заметно увеличилась (рис. 2).

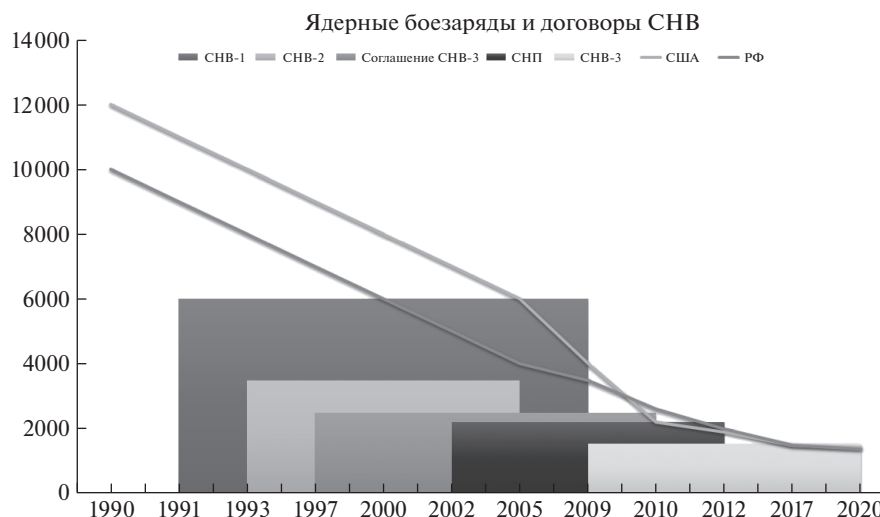


Рис. 2. Ядерные боезаряды и договоры СНВ

По всем реалистическим моделям обмена масштабированными ядерными ударами, которые служили отправной точкой концепции стратегической стабильности в 1990 г., ракетно-ядерный баланс России и США в настоящее время более стабилен, чем когда-либо в прошлом. Это выражается в том, что ни одна из двух сторон не имеет возможности в реалистически вообразимых условиях нанести первый ядерный удар, который настолько обезоружит противника, что позволит отразить его ослабленный ответный удар с помощью систем стратегической обороны (ПРО и ПВО). Причём в первом ударе будет израсходовано больше ядерных вооружений, чем окажется поражено, а для ответного удара у другой стороны останется больше средств, чем сохранится в резерве у агрессора [2]¹.

Эти оценки не учитывают возможность ещё более мощного ответно-встречного удара, осуществимость которого зависит от безотказной работы систем предупреждения о ракетном нападении (СПРН) и всех звеньев боевого управления стратегических сил. Учёт возможностей нападения с применением высокоточных наступательных вооружений в неядерном оснащении, как и с использованием имеющихся оборонительных систем для отражения ответного удара, не вносит существенных изменений в эти выводы. Иными словами, ныне нет возможности совершить ядер-

ную агрессию и избежать возмездия с неприемлемым ущербом.

Тем не менее, как ни парадоксально, в силу ряда обстоятельств стратегическая стабильность в настоящее время опасно расшатывается, то есть снижается её эффективность в выполнении главной миссии — предотвращении ядерной войны. Эти обстоятельства связаны с распадом режимов контроля над ядерным оружием, изменением общего, в том числе ядерного миропорядка, а также с военно-техническим развитием. В результате возникают новые стратегические и оперативные концепции, повышающие опасность ядерной войны в возможной кризисной ситуации.

РАСПАД КОНТРОЛЯ НАД ВООРУЖЕНИЯМИ

За последние два года кризис контроля над вооружениями стал настолько очевидным, что был признан на высшем уровне власти России, многих европейских государств и в оппозиционных кругах США. В октябре 2020 г. на заседании дискуссионного клуба «Валдай» Президент РФ В.В. Путин выразился вполне определённо: «У мира не будет будущего, если не будет каких-то ограничений в сфере гонки вооружений» [3].

Что касается США, то уходящая администрация Д. Трампа не только не разделяет эти опасения, но сделала больше, чем любое другое правительство США, для разрушения системы контроля над вооружениями. Достаточно вспомнить отказ от продления Договора СНВ-3, выход США из Договора РСМД, Договора по открытому небу, из соглашения по ядерной программе Ирана (СВДП), неприкрытые угрозы выхода из Договора по запрещению ядерных испытаний (ДВЗЯИ). В этой деструктивной деятельности Трамп на-

¹ Анализ выполнен с учётом данных одного из исследований корпорации РЭНД ВВС США (Wilkening D. Strategic Stability Between the United States and Russia // Challenges in U.S. National Security Policy: A Festschrift Honoring Edward L. (Ted) Warner / Ed. by D. Ochmanek, M. Sulmeyer. Washington: RAND, 2014. P. 123–140. http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/corporate_pubs/CP700/CP765/RAND_CP765.pdf

много превзошёл своего республиканского предшественника Дж. Буша (мл.), который денонсировал Договор по ПРО в 2002 г.

Представители администрации Дж. Байдена в ходе перевыборной кампании обещали восстановить разрушенное республиканцами. Но очевидно это будет не просто в силу нескольких главных причин.

Во-первых, помимо контроля над вооружениями, в других сферах политических, экономических и идеологических отношений противоречия России и США, по всей вероятности, обостряются, а отделить контроль над вооружениями от политического контекста в отношениях государств очень трудно, о чём свидетельствует полувековой опыт ядерного разоружения.

Во-вторых, проблемы контроля над вооружениями объективно усложняются и требуют больших политических и интеллектуальных усилий, терпения и государственной мудрости.

В-третьих, за последние полвека переговоров не бывало столь длительной — десятилетней — паузы, какая имела место после подписания Договора СНВ-3 (2010).

Наконец, в-четвёртых, в политических и экспертных кругах — изначально в США, а вслед за ними и в России — в последние годы становится всё более модным мнение, что кризис разоружения объективно неизбежен ввиду коренных перемен в миропорядке и появления принципиально новых военных технологий. Но этот кризис, как утверждается, якобы не очень опасен, и можно упразднить традиционные переговоры и соглашения по ограничению и сокращению конкретных вооружений и впредь обходиться без них. Взамен следует вести диалоги между ядерными державами в разных форматах и на разных уровнях о новой модели стратегической стабильности. Последняя, согласно такой точке зрения, должна основываться не на контроле над чётко определёнными вооружениями, а на новых правилах ядерного сдерживания, мерах предсказуемости и транспарентности гонки вооружений [4].

ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ ФАКТОРЫ — НОВЫЙ МИРОПОРЯДОК

Доводы в пользу упразднения системы и процесса контроля над вооружениями, как и предлагаемые невинные альтернативы им, не выдерживают критики. Вместе с тем очевидно, что 30 лет спустя после Совместного заявления СССР и Соединённых Штатов 1990 г. концепция стратегической стабильности требует обновления с учётом изменившихся условий и новых угроз.

Первый и наиболее политически заметный дестабилизирующий фактор связан с формирующейся ядерной многополярностью стратегиче-

ского баланса, тогда как концепция 1990 г. и основанные на ней соглашения были приурочены к ядерной биполярности СССР/РФ—США. Однако в настоящее время ядерным оружием, помимо двух сверхдержав, обладают ещё семь государств: Великобритания, Франция, КНР, Индия, Пакистан, Израиль и КНДР. Причём некоторые из них — Китай, Индия, Пакистан, КНДР — осуществляют последовательные программы наращивания и совершенствования своих ядерных сил. Вследствие этого и в России и в США формируются настроения в пользу перехода с двустороннего на многосторонний формат переговоров и соглашений об ограничении и сокращении ЯО. Причём по мере глубокого сокращения сил двух держав такая линия обретает всё большую поддержку. Например, в начале 2012 г., выступая в Сарове, В.В. Путин, в то время председатель Правительства России, заявил: «Мы не будем разоружаться в одностороннем порядке... В ходе этого процесса должны принимать участие уже все ядерные державы» [5]. Это было сказано через год после ратификации Договора СНВ-3, который завершил 20-летний период существенного сокращения ядерных вооружений СССР/России и США.

Тогда эта идея не получила признания других держав, однако через семь лет её подхватила администрация Дональда Трампа, которая призвала КНР присоединиться к процессу. Но теперь этот почин не одобрила Москва, поддержав китайский отказ со ссылкой на значительное отставание КНР от двух сверхдержав по величине ядерного потенциала [6]. Тем не менее Россия не преминула вспомнить требование советского периода о подключении к разоружению Великобритании и Франции — с тем же нулевым эффектом, что и прежде.

Идея многостороннего ядерного разоружения воплощена в известной Статье VI Договора о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО), которая обязывает ядерные державы «в духе доброй воли вести переговоры об эффективных мерах по прекращению гонки ядерных вооружений в ближайшем будущем и ядерному разоружению» [7, с. 447]. Вопреки распространённому мнению, третьи ядерные государства (как и многие неядерные) принимают практическое участие в ядерном разоружении, имея в виду запрещение различных видов ядерной деятельности². Однако

² Помимо ДНЯО, с 1963 г. было подписано несколько договоров о запрещении ядерных испытаний, кульминацией которых стал Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ) 1996 г. Был заключён ряд многосторонних договоров, запрещающих размещение ядерного оружия и других видов оружия массового уничтожения (ОМУ) в разных средах: Договор по космосу 1967 г., Договор 1971 г. о дне морей и океанов, договоры о восьми географических зонах, свободных от ядерного оружия.

договорно-правовое ограничение ядерных вооружений как таковых — то есть средств доставки и боезарядов — осталось уделом двустороннего процесса СССР/России и США³.

Причина в том, что ядерное оружие в каждой стране создаётся не как побочный продукт ядерной науки и энергетики, а исходя из исторических по своему значению политических решений высшего государственного руководства. Выполнение таких решений превращается в долговременный курс с огромными затратами материальных и интеллектуальных ресурсов и связывается с кардинальными интересами обороны и национальной безопасности. Сюда относятся: сдерживание ядерной агрессии угрозой ответного ядерного удара; сдерживание нападения с применением превосходящих обычных сил и вооружений противника; сдерживание агрессии с использованием других видов оружия массового уничтожения; сдерживание нападения с использованием ядерного оружия, других видов оружия массового уничтожения или обычных вооружений против своих союзников. В более общем плане государства всегда видят в ядерном оружии залог своего глобального или регионального статуса, политического влияния за рубежом. Так же как Россия и США, ни одна другая ядерная держава не жертвует этими интересами и не пойдёт на ограничение, сокращение и тем более ликвидацию своих ядерных арсеналов исходя из благих побуждений — чтобы заслужить одобрение мировой общественности или под влиянием резонов морального и юридического порядка⁴.

Государства могут согласиться на ограничение своих ядерных вооружений лишь на вполне конкретных условиях, о чём свидетельствует полувековой опыт успешных переговоров СССР/России и США. Это расчёт на то, во-первых, что в результате соглашения их стратегическое положение будет более благоприятным, нежели без него; во-вторых, что соглашение не закрепит их отставание (и преимущество другой стороны) по тем или иным вооружениям, являющимся предметом договора. Остаётся лишь удивляться, что ни Москва, ни Вашингтон до сих пор не осознали эти простые правила (которым они сами следуют в течение полувека) и не дали себе

труда предложить что-то подобное другим ядерным государствам.

Первое условие подразумевает наличие вполне определённых стратегических отношений сторон (например, отношений взаимного ядерного сдерживания). Тогда одно государство может пойти на ограничение своего ЯО в обмен на его ограничение другой страной с итоговым выигрышем для обоюдной безопасности. Второе условие предполагает примерное равенство сторон по вооружениям, избранным в качестве предмета переговоров, с тем, чтобы взаимные уступки были сопоставимыми, а итоговый баланс сил — равновесным.

Взаимное ядерное сдерживание по политическим или военно-техническим причинам отсутствует в отношениях США, Великобритании и Франции с Израилем, Индией и Пакистаном. Таких отношений не просматривается и в стратегическом взаимодействии России с КНР, Индией и КНДР, а с Израилем и Пакистаном вопрос остаётся непрояснённым. Китай не взаимодействует в области ядерного сдерживания с Россией, Израилем, Пакистаном и КНДР, а с Британией и Францией ситуация пока туманна. Что касается Великобритании и Франции, то между ними и Россией установлены отношения ядерного сдерживания, однако отсутствует второе условие для подобных соглашений — примерное равенство сторон. Великобритания и Франция не пойдут на договорно-правовую кодификацию военного превосходства России, а та не готова сократить свои вооружения до уровня двух стран Европы ни в сумме, ни по отдельности. Со своей стороны Китай озабочен военной мощью США и потому не согласится ни на какие ограничения на взаимной основе с Британией и Францией. Наконец, два негласных и непризнанных ядерных государства на противоположных окраинах Евразии — Израиль и КНДР — едва ли могут стать формальными участниками переговоров о разоружении с кем бы то ни было. У Израиля таких партнёров вообще нет, а если Иран попытается создать ядерное оружие, то ответом Израиля будут не переговоры, а массированный удар. КНДР развивает свои силы для сдерживания США, но для переговоров между ними тоже нет ни политических, ни стратегических условий.

Объективность военного анализа предполагает сравнение сопоставимых по классам ядерных вооружений государств. Так, если сложить все ядерные средства “тройки” (Британия, Франция и КНР) и средства “четвёрки” (Израиль, Индия, Пакистан, КНДР) по числу боезарядов⁵, то с ними следует сравнивать не только стратегические ядерные силы (СЯС) России и США, но все их

³ Следует отметить, что за несколько последних десятилетий Великобритания и Франция тоже существенно сократили ядерные арсеналы в одностороннем порядке.

⁴ В истории ядерного разоружения есть лишь несколько особых исключений из этого правила. В 1992 г. ЮАР отказалась от ядерного оружия в условиях прихода к власти чёрного большинства. В те же годы Украина, Белоруссия и Казахстан согласились на вывод ЯО бывшего СССР со своей территории под сильным давлением России и Запада и в качестве условия зарубежного признания и предоставления гарантий их государственной независимости, суверенитета и территориальной целостности.

⁵ Из них лишь Великобритания и Франция открыто публикуют информацию о своих ядерных силах.

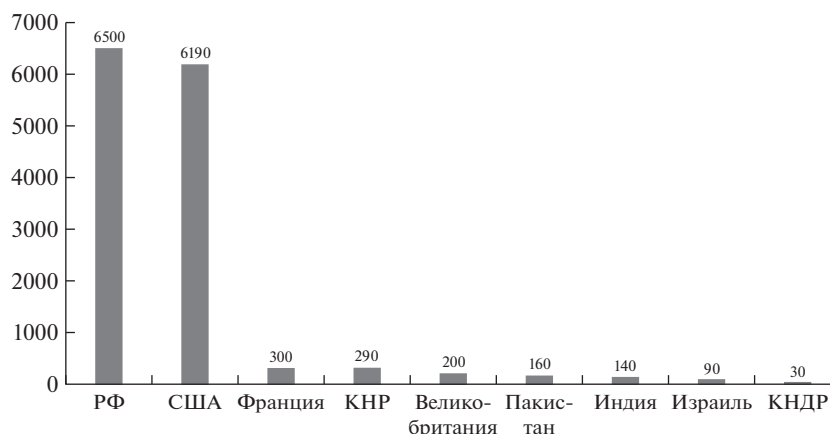


Рис. 3. Общее количество ядерных боезарядов, включая размещённые на складах и в хранилищах

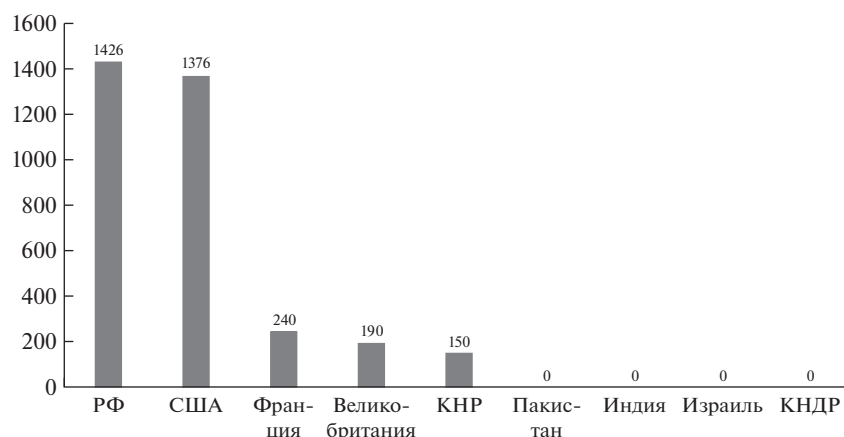


Рис. 4. Ядерные боезаряды на стратегических носителях (по правилам засчёта СНВ-3)

ядерные вооружения, включая до-стратегические вооружения (средней дальности и оперативно-тактические), причём как оперативно развёрнутые, так и на складском хранении в разных режимах технического состояния, в том числе подготовленные к демонтажу и утилизации (поскольку, по имеющейся информации, часть или даже все ядерные боезаряды “четвёрки” в мирное время содержатся в хранилищах). Тогда соотношение ядерных боезарядов России, США, суммарной численности арсеналов “тройки” и “четвёрки” выглядит весьма асимметрично. Две сверхдержавы располагают соответственно 6500 и 6185 боезарядами, три других члена ДНЯО — суммарно 790, а четвёрка аутсайдеров — 410 единицами (рис. 3) [8, с. 288].

Если вычленить вооружения “тройки” и “четвёрки”, подпадающие под категорию Договора СНВ-3 по его правилам засчёта, то у России и США имеется соответственно порядка 1430 и 1380 ядерных боезарядов, а у Великобритании, Франции и КНР в сумме около 600 единиц [8,

с. 290, 302, 312, 320]. Аутсайдеры вообще не имеют соответствующих развёрнутых вооружений (рис. 4). Если же добавить сюда системы, подпадающие под Договор РСМД 1987 г., то дополнительно можно было бы приплюсовать порядка 400 ракет “тройки” и “четвёрки” — до суммарного уровня примерно в 1000 единиц. Но самое главное — нет никаких военных или политических резонансов для объединения третьих ядерных государств в такие условные группы, и ни одно из них не согласится на коллективный засчёт, как на это не пошли бы Россия и США.

Основываясь на реальных военно-стратегических отношениях ядерных государств, единственный гипотетически возможный вариант — это не общий “оркестр” многостороннего разоружения, а несколько форумов двустороннего формата: Великобритания/Франция — Россия, США — КНР, Индия — Пакистан.

Европейские державы. Все прошлые попытки СССР приплюсовать силы европейских стран к

СЯС США и ограничить их единым потолком были отвергнуты Западом⁶. Отдельным переговорам России с двумя европейскими странами мешает огромная асимметрия СЯС сторон. Соглашение Великобритании и Франции хотя бы на некоторые меры доверия, транспарентности, инспекционной деятельности из меню Договора СНВ-3 имело бы положительное значение как прецедент для других стран, прежде всего Китая. Фактически такие меры подтвердили бы верность официальной информации об английских и французских силах и программах их сокращения и модернизации. Но обе эти европейские державы едва ли согласятся трактовать это как юридически обязывающее ограничение своих ядерных вооружений. А Россия вряд ли примет на себя обязательство реализовать такие же меры доверия в контексте отношений с этими странами за рамками Договора СНВ-3 с США (что наверняка потребовали бы Лондон и Париж). Только сильное давление со стороны США и союзников по НАТО и ЕС, возможно, побудило бы Великобританию и Францию принять такой подход. Стимулом для США и других стран могло бы стать согласие России на переговоры по тактическому ядерному оружию и по возрождению режима Договора об обычных вооружённых силах в Европе.

Южная Азия. Наличие отношений взаимного ядерного сдерживания и примерное равенство и однотипность сил Индии и Пакистана по ядерным носителям и боезарядам определяют уникальность ситуации в регионе. Помимо отношений России и США, это единственный случай, когда есть стратегические и технические предпосылки для классических соглашений об ограничении ядерных вооружений. Препятствия носят политический характер (территориальный спор, терроризм), а в военном отношении — индийское превосходство в силах общего назначения, высокоточных обычных средствах и по системе ПРО. Со стороны Индии главная преграда состоит в том, что её ядерные силы предназначены преимущественно для сдерживания превосходящего ядерного потенциала КНР, а пакистанские средства расцениваются лишь как придаток к китайским. Поэтому ограничение китайских ядерных вооружений, скажем, путём соглашения с США облегчило бы переговоры Индии и Пакистана.

Китай. Реально первое условие для переговоров США и КНР присутствует: между ними существуют отношения взаимного ядерного сдерживания, то есть имеется почва для договорного обмена уступками. Но второго условия нет: стратегический баланс крайне асимметричен: у США есть превосходство по стратегическим

ядерным силам (СЯС) и крылатым ракетами средней дальности (КРМБ) морского базирования⁷, Китай отстаёт по СЯС, но имеет преимущества по ракетам средней и меньшей дальности (РСМД) наземного базирования. Ограничение или ликвидация наземных РСМД были бы односторонним и неприемлемым для Китая шагом, а включение в договор морских крылатых ракет США натолкнулось бы на большие трудности засчёта и верификации⁸.

Тем не менее теоретически трёхсторонний формат возможен. Например, Китай, США и Россия могли бы заключить интегрированный договор СНВ/РСМД. Такой договор позволил бы установить для трёх стран равный потолок (скажем, в 1400—1500 боезарядов), но в отличие от ДСНВ-3, в него нужно было бы включить не только наземные и морские стратегические ракеты и тяжёлые бомбардировщики, но и наземные ракеты средней и меньшей дальности (свыше 500 км) [9]. В этом случае Китай получил бы право наращивать свои стратегические силы (ныне около 140 единиц по носителям и боезарядам), параллельно сокращая соответствующее количество ракет средней дальности, которые так беспокоят США. А две ядерные сверхдержавы могли бы по своему усмотрению развёртывать ракеты средней и меньшей дальности, но за счёт соответствующего сокращения своих стратегических вооружений.

Такой вариант договора обеспечил бы КНР равный с двумя сверхдержавами стратегический статус и признание ими (пусть по умолчанию) права Китая на паритет и стабильное взаимное сдерживание. Не менее важно, что КНР выиграла бы от ограничения наступательных систем стратегической и средней дальности США, создающих для неё угрозу разоружающего удара. Со своей стороны Россия и США получили бы гарантии предсказуемости наращивания китайских вооружений стратегического назначения и средней дальности. Правда, признание за КНР права иметь равное с США и Россией суммарное количество вооружений стратегической и средней дальности вряд ли получит поддержку в Вашингтоне и Москве. Однако и без договора Китай может за десяток лет сравняться с Россией и США по СЯС, если примет такое политическое решение.

⁷ Речь идёт о крылатых ракетах морского базирования (КРМБ) типа «Томахок» на кораблях и многоцелевых подводных лодках.

⁸ В силу мобильности флотов Китай потребовал бы глобального ограничения ракет США, а контроль был бы затруднён, поскольку на кораблях такие ракеты размещаются в пусковых установках Mk-41 наряду с ракетами ПРО/ПВО, а на подводных лодках могут запускаться из торпедных аппаратов.

⁶ Первая такая попытка была предпринята в рамках Соглашения ОСВ-1 1972 г., затем — на переговорах об ОСВ-2 в конце 1970-х годов и в Договоре РСМД 1987 г.

Израиль и Северная Корея. Если ядерные средства двух государств когда-то станут предметом соглашений, то, скорее всего, в рамках решения региональных проблем безопасности, ограничения обычных вооружённых сил, урегулирования политических, экономических, территориальных и внутренних вопросов. Это предполагает региональный формат и контекст укрепления режимов ДНЯО и контроля над ракетными технологиями (РКРТ), а не традиционную модель соглашений об ограничении ядерных вооружений.

Проведённый анализ позволяет сделать главный вывод: расширение формата контроля над ядерным оружием — дело трудное, но гипотетически осуществимое. Однако приверженцам перехода к многостороннему ядерному разоружению (в прошлом в Москве, а теперь и в Вашингтоне) нужно осознать, что эта стратегия предполагает не только и не столько пересмотр нынешних позиций третьих стран, сколько гораздо большие уступки и жертвы со стороны двух ядерных сверхдержав как в военно-стратегическом, так и в политическом отношении.

Если цена перехода к многосторонним переговорам покажется сегодня слишком высокой, то процесс следует продолжать в двустороннем формате. Здесь накопилось много неотложных задач, решение которых жизненно важно как для безопасности России, США и остального мира, так и для сохранения перспективы многостороннего контроля над вооружениями в отдалённом будущем.

ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ КАК ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИЙ ФАКТОР

Другой ряд причин стратегической дестабилизации связан с развитием военных технологий, в первую очередь высокоточных ударных систем большой дальности в обычном оснащении. Они создают опасность нападения с применением высокоточных обычных систем оружия против ядерных сил друг друга. Эффект переплетения ЯО и высокоточных обычных вооружений, в том числе новейших гиперзвуковых ракетно-планирующих, прямооточных и аэробаллистических систем, — важнейший дестабилизирующий фактор современной стратегической обстановки. Примером могут служить крылатые ракеты морского базирования (КРМБ) США типа “Томахок” (BGM-109) и воздушного базирования (AGM-84, AGM-158B JASSM-ER, AGM-183A, X-51). Россия наращивает арсенал крылатых ракет в неядерном оснащении: морские ракеты типа “Калибр” 3М-14, авиационные ракеты типа X-55СМ, X-555 и X-101, “Кинжал”, наземные крылатые ракеты типа 9М728 “Искандер” [10]. Именно этот фактор способен в случае вооружён-

ного столкновения повлечь неуправляемую эскалацию конфликта.

Указанная опасность тем более велика, что расширяется развёртывание носителей двойного назначения — с ядерным и обычным боезарядом. Это объяснимо с точки зрения сокращения расходов и технической оптимизации платформ, пусковых установок и других характеристик вооружений. Однако в случае их применения характер удара — ядерный или неядерный — нельзя будет определить до момента подрыва боевой части носителя. Это относится к КРМБ “Калибр” РФ и “Томахок” США, авиационным крылатым ракетам типа X-101/102 РФ и AGM-158B США, а также к возможным новым ракетам наземного базирования средней дальности США после денонсации Договора РСМД: Precision Strike Missile (PrSM), Ballistic missile with trajectory shaping vehicles (BMTSVs), Long Range Hypersonic Weapon (LRHW) [11].

Серьёзный усугубляющий эту ситуацию момент — растущая сложность и дефицит времени при оценке информации и принятии решений политическим и военным руководством государств, высокая автоматизация и быстродействие систем управления. Эта опасность усиливается вследствие развития средств агрессивного воздействия на информационно-управляющие системы, включая космическое оружие, методы и средства массовой информационной войны и прямых кибератак.

Распространённое мнение о растущей скорости новейших стратегических вооружений и, как следствие, о сокращении времени принятия решений военно-политическим руководством представляется спорным. Подлётное время новейших гиперзвуковых планирующих средств не меньше, чем традиционных баллистических носителей сопоставимой дальности. Другое дело, что траектории и боевое оснащение первых непредсказуемы и их труднее сопровождать и перехватывать средствами ПРО и ПВО. Правда, при массированном ударе существующие баллистические носители тоже неотразимы с использованием современных и прогнозируемых оборонительных систем. Специфика новейших наступательных средств заключается в том, что старт ракетно-планирующих средств, как и баллистических ракет, обнаруживается спутниками СПРН через 60–90 секунд, но из-за более низкой траектории гиперзвуковых планеров (50–60 км) подтверждение нападения со стороны РЛС может прийти не через 10–15 минут после старта разгонных ступеней, а всего за несколько минут до падения планирующих боевых частей [12]. Следуя концепции ответно-встречного удара, отдавать приказ об ответном запуске своих ракетных средств пришлось бы только по информации

спутников СПРН, что чревато развязыванием ядерной войны из-за ложной тревоги (случаи ложной тревоги не раз бывали в прошлом), выхода спутника из строя или кибердиверсии. А значит, эта угроза сохранится, пока не будут созданы космические инфракрасные системы сопровождения гиперзвуковых планирующих средств в верхних слоях атмосферы.

Проблема состоит ещё и в том, что опасное сокращение времени предупреждения о нападении не позволяет в той же мере ускорить принятие решений об ответных действиях. Причём сокращение времени принятия решений государственным руководством за счёт цифровизации и автоматизации информационно-управляющих систем, включения в них технологий искусственного интеллекта создаёт опасность фактического исключения высшего политического руководства из процесса выдачи санкции на ядерный удар в период от получения информации о нападении до пуска своих ракет. Ведь необходимость принять такое решение в течение нескольких минут (или даже секунд, как сказал В.В. Путин [13]) превращает государственного руководителя в своего рода придаток автоматизированной системы оценки информации и выполнения команд, разработанной специалистами в мирное время, задолго до кризиса и не способной предусмотреть все неожиданности развития реальных событий.

Как представляется, более рациональным ответом на проблему сокращения времени предупреждения о нападении был бы отказ от ускорения принятия решения, повышение живучести высших звеньев системы управления и самих средств ответного удара, продуманная система делегирования полномочий на случай недееспособности высшего руководства, оптимизация критериев неприемлемого ущерба для противника.

Не менее угрожающий фактор нестабильности — это вероятность применения ядерного оружия на локальном или региональном уровне обычного конфликта в целях его “прекращения на приемлемых условиях” [14]. США обвиняют Россию в планировании ограниченного применения ЯО в рамках концепции “эскалации ради деэскалации” [15] и противопоставляют ей свои аналогичные концепции и системы ядерного оружия пониженной мощности [16]. Во времена холодной войны такое применение сдерживалось вероятностью эскалации конфликта вплоть до массированного обмена ударами. Теперь возникла стратегическая концепция достижения победы путём эффективного применения обычных и ядерных средств, не доводя конфликт до массированного обмена ядерными ударами. По этой логике стабильный баланс стратегических вооружений, исключая возможность массирован-

ного разоружающего удара, как бы выводится за скобки локального или регионального конфликта с интегрированным применением обычных и ядерных вооружений для завершения войны на приемлемых для себя условиях.

Все эти обстоятельства должно учитывать обновлённое понимание стратегической стабильности и основанные на нём переговоры об ограничении вооружений с целью устранить как прежние, так и новые стимулы для любого применения ядерного оружия.

ПОВЕСТКА ДНЯ КОНТРОЛЯ НАД ВООРУЖЕНИЯМИ

Переговоры с США невозможны без твёрдой опоры в виде эффективного российского потенциала сдерживания в составе наступательных и оборонительных ядерных и неядерных сил, с акцентом на повышение живучести и боеготовности системы управления и ударных средств для нейтрализации угрозы ядерного и неядерного нападения.

Следует иметь в виду, что возможности договорно-правовых методов в обуздании гонки вооружений не безграничны — об этом свидетельствует исторический опыт. Границы определяются сферой совпадения стратегических и политических интересов сторон и техническими возможностями верификации соглашений. В прошлом не удалось ограничить тактическое ядерное оружие, космические вооружения, крылатые ракеты средней дальности морского базирования, точность и мощность ядерных боеголовок и пр. Тем не менее контроль над вооружениями может косвенно влиять на уровень опасности военного столкновения и его эскалации, например, охватывая дестабилизирующие системы обычного оружия.

Помимо традиционных МБР, БРПЛ, их ядерных боеголовок и тяжёлых бомбардировщиков, это прежде всего относится к неядерным ракетам большой дальности (по критериям прошлых договоров ОСВ/СНВ). Вопрос можно решить путём их зачёта по реальному оснащению бомбардировщиков в потолках на стратегические боезаряды в следующем договоре СНВ, включая любые (ядерные и обычные) ракеты воздушного базирования свыше определённой дальности (600 км).

Ограничения носителей и боезарядов должны также охватывать наземные стратегические ракетно-планирующие гиперзвуковые системы и межконтинентальные крылатые ракеты большой дальности (более 5500 км). То же относится к морским крылатым ракетам и ракетно-планирующим системам, как и к глубоководным беспилотным ударным аппаратам большой дальности (свыше 600 км).

Достижение соглашений для предотвращения избирательного использования ядерного оружия — гораздо более трудная задача. Но и она может решаться косвенным путём, например, через включение в потолок на боезаряды ядерных авиабомб на стратегических бомбардировщиках (чего раньше никогда не было). Наземные баллистические, планирующие гиперзвуковые и крылатые ракеты средней дальности с боеголовками пониженной мощности и обычными боезарядами должны подпадать под ограничения возможного нового варианта Договора о ликвидации ракет средней и меньшей дальности. При достижении будущих договоров по разведению и сокращению вооружённых сил общего назначения (по типу ДОВСЕ 1990–1999 гг.) вновь откроется возможность ограничения тактического ядерного оружия.

Перспективы запрета или ограничения космических сил пока не просматриваются, но угрозу спутникам СПРН можно снизить, запретив испытания любых ударных противоспутниковых систем по реальным мишеням в космосе [17]. Следует также согласовать правила сближений космических аппаратов на орбите, чтобы исключить замаскированную отработку операций по уничтожению спутников вероятного противника.

Проблемы разработки и верификации запретов или ограничений систем и методов кибервойны сейчас кажутся неразрешимыми. Можно надеяться как минимум на целенаправленный диалог России и США с целью заключения взаимного политически обязывающего отказа от кибератак на стратегические информационно-управляющие системы друг друга для предотвращения непреднамеренного обмена ядерными ударами. В этом смысле можно использовать опыт обязательств великих держав о ненацеливании ядерного оружия друг на друга. Проверить исполнение таких обязательств нельзя, но на практике они осуществляются и имеют стабилизирующий эффект.

Ближайшая задача — продление Договора СНВ-3 и начало переговоров по СНВ-4. После глубокого сокращения ЯО России и США за последние 30 лет и без подключения к мирному процессу третьих стран главная задача следующего договора — не существенное сокращение потолков на стратегические носители и боезаряды и не ограничение до-стратегических (тактических) ядерных вооружений (как, видимо, будет предлагать администрация Байдена), а расширение охвата ограничений с целью поддержания стратегической стабильности в её новой версии, соответствующей изменившимся военно-техническим и военно-политическим условиям. Параллельно желательно начать переговоры о

регламентации, транспарентности и предсказуемости глобальных и региональных систем ПРО.

В настоящее время стоит задача реализации предложенного Россией моратория на развёртывание ракет средней дальности в Европе и их ограничение в Азии. Это, помимо прочего, поможет противодействовать концепциям ограниченной ядерной войны.

Вопросы ограничения космических вооружений, а также средств и методов кибервойны следует обсуждать на специальных переговорных форумах.

Нужно иметь в виду, что без прогресса на магистральном пути контроля над вооружениями (СНВ/РСМД) в будущем не удастся найти способы ограничения инновационных военных технологий, как и перейти к многостороннему формату соглашений в этой сфере. Это непереносимое условие восстановления стратегической стабильности, регламентации и предсказуемости ядерного сдерживания, укрепления международной безопасности.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Статья опубликована в рамках проекта “Посткризисное мироустройство: вызовы и технологии, конкуренция и сотрудничество” по гранту Министерства науки и высшего образования РФ на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технологического развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Совместное заявление относительно будущих переговоров по ядерным и космическим вооружениям и дальнейшему укреплению стратегической стабильности. Государственный визит Президента СССР М.С. Горбачёва в Соединённые Штаты Америки, 30 мая — 4 июня 1990 года. Документы и материалы. М.: Политиздат, 1990. С. 197–199; Soviet–United States Joint Statement on Future Negotiations on Nuclear and Space Arms and Further Enhancing Strategic Stability. 01.06.1990. <https://bush41library.tamu.edu/archives/public-papers/1938>
2. Дворкин В. Сокращение наступательных вооружений // Полицентричный ядерный мир. Политическая энциклопедия / Под ред. А. Арбатова, В. Дворкина. М.: Московский центр Карнеги, 2017. С. 67–68.
3. Заседание дискуссионного клуба “Валдай”. Владимир Путин в режиме видеоконференции принял участие в итоговой пленарной сессии XVII ежегодного заседания Международного дискуссионного клуба “Валдай”. 22 октября 2020 г. <http://www.kremlin.ru/events/president/news/64261>
4. Creating the Conditions for Nuclear Disarmament (CCND) / Working paper submitted by the United States of America. <https://undocs.org/NPT/CONF.2020/PC.II/WP.30> (accessed

- 25.01.19); Speech by Ms Alice Guitton Permanent Representative of France to the Conference on Disarmament Head of the French Delegation (Geneva, 23 April 2018). <http://statements.unmeetings.org/media2/18559222/france-newl.pdf> (accessed 25.02.19); Караганов С., Суслов Д. Новое понимание и пути укрепления многосторонней стратегической стабильности / Доклад. Высшая школа экономики. Национальный исследовательский университет. При поддержке МИД России и Комитета по международным делам Государственной думы ФС РФ; при участии Совета по внешней и оборонной политике. Москва, 2019. http://svop.ru/wp-content/uploads/2019/09/REPORT_Rus_1.pdf
5. В.В. Путин встретился в г. Сарове с экспертами по глобальным угрозам национальной безопасности, укреплению обороноспособности и повышению боеготовности Вооружённых сил Российской Федерации. Оф. сайт Председателя Правительства РФ В. Путина. 24 февраля 2012 г. <http://archive.premier.gov.ru/events/news/18248/>
 6. Пленарное заседание Восточного экономического форума. Президент России. 5 сентября 2019 г. <http://kremlin.ru/events/president/news/61451>
 7. Ядерное оружие после холодной войны / Под ред. А. Арбатова и В. Дворкина. М.: Московский центр Карнеги, 2008.
 8. SIPRI Yearbook 2019: World Armaments, Disarmament and International Security. Oxford: Oxford University Press, 2019.
 9. Арбатов А. Китай и ограничение вооружений: не утопия, а трудный выбор // Полис. Политические исследования. 2020. № 4. С. 36–54. <https://doi.org/10.17976/jpps/2020.04.04>
 10. Кетонов С. Обошли на гиперзвуке // Военно-промышленный курьер. 2019. № 35. 10–16 сентября. С. 9.
 11. Pifer S. The Death of the INF Treaty has Given Birth to New Missile Possibilities. The National Interest. September 2019. P. 1–7.
 12. Acton J. Silver Bullet? Asking the Right Questions about Conventional Prompt Global Strike. Washington: Carnegie Endowment for International Peace, 2013. P. 33–63.
 13. Заседание дискуссионного клуба “Валдай”. Президент России, 18.10.2018. <http://kremlin.ru/events/president/news/58848>
 14. Об Основах государственной политики Российской Федерации в области ядерного оружия. Указ Президента Российской Федерации № 355. 2 июня 2020 г. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202006020040?index=2&range-Size=1>
 15. Актуальные задачи развития Вооружённых Сил Российской Федерации // Красная звезда. 11.10.2003. http://old.redstar.ru/2003/10/11_10/3_01.html (дата обращения 02.02.2018).
 16. Nuclear Posture Review. Office of the Secretary of Defense. February 2018. Washington, DC. <https://media.defense.gov/2018/Feb/02/2001872886/-1/-1/1/2018-NUCLEAR-POSTURE-REVIEW-FINAL-> (accessed 01.03.2018).
 17. Арбатов А. Ускользающая материя (Предотвращение гонки вооружений в космическом пространстве) // Мировая экономика и международные отношения. 2019. № 1. С. 5–17.

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОБЩЕГО СОБРАНИЯ ЧЛЕНОВ РАН
“75 ЛЕТ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ. ВКЛАД АКАДЕМИИ НАУК”

ГЛОБАЛЬНАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ
В ЯДЕРНОМ МИРЕ

© 2021 г. С. М. Рогов

Институт США и Канады РАН, Москва, Россия

E-mail: pa.to.rogov@gmail.com

Поступила в редакцию 19.01.2021 г.

После доработки 29.01.2021 г.

Принята к публикации 06.02.2021 г.

В статье, основанной на докладе, который автор представил на Научной сессии Общего собрания РАН “75 лет атомной отрасли. Вклад Академии наук”, даётся подробное описание подходов и понимания стратегической стабильности в нынешних далёких от благополучия условиях противостояния ведущих держав мира. Естественно, акцент делается в первую очередь на взаимодействии России и США в этой области на фоне перехода к полицентричному мироустройству. Не осталась без внимания и проблема возвышения Китая, вхождения его в число сильнейших военных держав.

В статье подчёркивается та мысль, что сегодня, когда всё более заметными становятся геополитические и технологические угрозы стратегической стабильности, для обеспечения национальной безопасности уже недостаточно сохранять ракетно-ядерное равновесие — необходимо стремиться к научно-техническому паритету, благодаря которому только и можно добиться паритета военно-технического. Отмечается и возрастающая роль принципиально новых видов обычного высокоточного и гиперзвукового оружия, в основе которого лежат научные достижения.

Обращаясь к проблеме контроля над вооружениями, автор представляет подробный обзор существующих средств, которые требуют достижения международных договорённостей, а также отмечает роль научной дипломатии в этом процессе.

Ключевые слова: стратегическая стабильность, полицентричное мироустройство, военно-технический паритет, ядерное оружие, стратегическая триада, высокоточные неядерные ракетные системы большой дальности, гиперзвуковое оружие, Договор СНВ-3, Договор об открытом небе, научная дипломатия.

DOI: 10.31857/S0869587321050212

В XXI столетии стратегическая стабильность сталкивается с двумя сильнейшими вызовами. Во-первых, в период холодной войны она сформировалась в биполярной системе международных отношений, где господствовали две сверхдержавы — США и СССР. Ныне система между-



РОГОВ Сергей Михайлович — академик РАН, научный руководитель Института США и Канады РАН.

народных отношений носит полицентрический характер. Во-вторых, если раньше стратегическая стабильность определялась прежде всего балансом ядерных арсеналов, то теперь всё большую роль играют новейшие неядерные вооружения, которые могут поражать некоторые стратегические цели. Это делает поддержание стратегической стабильности крайне сложным.

Сегодня очевидно, что для обеспечения национальной безопасности уже недостаточно сохранять ракетно-ядерное равновесие — необходимо стремиться к научно-техническому паритету. К сожалению, Российская Федерация серьёзно уступает ведущим центрам силы по таким показателям, как численность населения, размер валового внутреннего продукта, промышленное производство, расходы на оборону и т.п. (табл. 1). Первый эшелон в мировой иерархии составляют Соединённые Штаты Америки, Китайская На-

Таблица 1. Ведущие центры силы, 2019 г., % от мирового показателя

Показатели	США	Китай	Европейский союз	Индия	Япония	Россия	Великобритания	Бразилия
Население	4.3	18.5	4.5	18.1	1.7	1.9	1.7	2.8
ВВП по ППС	15.1	19.2	11.2	7.8	4.0	3.1	2.2	2.4
ВВП	23.9	13.6	11.2	3.1	5.8	1.9	2.2	2.1
Экспорт	10.3	10.8	26.3	2.2	3.7	2.0	3.7	1.1
Расходы на НИОКР	23.2	23.2	20.5	4.0	7.8	2.7	2.2	1.7
Промышленность	16.6	27.5	18.2	3.0	7.2	1.5	1.7	2.1
Бюджет ООН	22.0	12.0	25.4	0.8	8.6	2.4	4.6	3.0
Квота в МВФ	17.4	6.4	19.0	2.8	6.5	2.7	4.2	2.3
Квота во Всемирном банке	15.6	5.1	н/д	0.9	7.5	2.6	3.8	2.1
Расходы на оборону	38	14	15	3.7	2.5	3.4	2.5	1.4
Ядерное оружие	43.3	2.4	2.2	1.1	0	47.5	1.5	0
Валютные резервы	61	2	20	0	6	0	5	0

Источники: June 2020 WEO Update; and IMF staff calculations, 15.10.2020; World Economic Outlook. October 2020, p. 120; https://www.wto.org/english/res_e/statistics_e/wts2020_e/wts2020_e.pdf; <https://www.imf.org/external/np/sec/memdir/members.aspx>; United Nations Conference on Trade and Development, 27.09.2020; UNIDO STATISTICAL OUTLOOK ON WORLD MANUFACTURING 2019. Addendum to the release of the 2019 edition of International Yearbook of Industrial Statistics, p. 21, 27.09.2020; SIPRI Military Expenditure Database, Apr. 2020, 27.09.2020; <https://fas.org/issues/nuclear-weapons/status-world-nuclear-forces/>; <https://www.statista.com/chart/20858/top-10-countries-by-share-of-global-manufacturing-output/>; The U.S. Dollar as the World's Dominant Reserve Currency. CRS. December 18, 2020.

родная Республика и Европейский Союз. Второй эшелон — Индия, Япония, Россия, Великобритания и Бразилия. Думается, что в обозримом будущем нам вряд ли удастся преодолеть это отставание.

Но что вызывает особое сожаление — это, конечно, наша мизерная доля в мировых расходах на науку, в то время как Китай, например, за последние 20 лет совершил колоссальный рывок. Данные за 2020 г. ещё не опубликованы, но предполагается, что КНР может обойти США по расходам на НИОКР. Приходится констатировать: пока не изменится наша государственная политика в отношении науки, очень трудно ожидать, что мы сможем добиться научно-технологического паритета.

Единственный показатель, по которому мы выглядим весьма впечатляюще, — это наша доля в мировых арсеналах ядерных вооружений (табл. 2)¹. В этих условиях ядерный паритет с США остаётся

ключевым фактором в обеспечении стратегической стабильности и безопасности России, хотя мы с вами прекрасно понимаем, что этого недостаточно. Тем более что США начали модернизацию всех компонентов стратегической триады и активно развивают новейшие неядерные вооружения.

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ

Мы знаем, какую цену пришлось заплатить нашей стране за достижение стратегического равновесия во второй половине прошлого века. Сейчас немалых затрат требует содержание ядерных сил. Гонка вооружений возобновилась, хотя теперь она носит не двусторонний, а многосторонний характер. На долю США приходится почти 50% мировых расходов на ядерное оружие, на долю России — около 12%. Китай вышел на второе место по затратам на ядерные системы, Великобритания — на третьем, а Россия оказалась только на четвёртом месте [1] (табл. 3). Юридически стратегический паритет был закреплён в договорах о контроле над ядерными вооружениями.

¹ Поскольку официальные данные отсутствуют (за исключением ДСНВ-3), то здесь приводятся оценки наиболее авторитетных зарубежных исследовательских центров. Погрешность этих оценок, как правило, невелика.

Таблица 2. Ядерные вооружения в полицентричном мире, 2020 г.

Страна	Развёрнутые стратегические боезаряды	Развёрнутые нестратегические боезаряды	Неразвёрнутые ядерные боезаряды	Военный ядерный арсенал	Всего (включая боезаряды, подлежащие разборке)
Россия	1572	0	2740	4312	6372
США	1600	150 (200)	2050	3800	5800
Франция	280		10	290	290
Китай	0	?	320	320	320
Великобритания	120		75	195	195
Израиль	0		90	90	90
Пакистан	0		160	160	160
Индия	0		150	150	150
КНДР	0		35	35	35
Всего	~3720	~150 (200)	~5630	~9320	~13410

Источник: <https://www.statista.com/chart/20858/top-10-countries-by-share-of-global-manufacturing-output/>

При этом количественные показатели паритета за последние полвека многократно сократились.

У нас иногда говорят, что Договор СНВ-3 был невыгоден нашей стране, являлся чуть ли не капитуляцией. Но это не так. 10 лет назад, когда договор только начал действовать, мы существенно отставали от США, теперь ситуация изменилась. В таблице 4 даны цифры по трём параметрам ДСНВ-3 в 2011 г. и данные, официально опубликованные 1 декабря 2020 г. Как видим, фактически сокращения носили односторонний характер — в основном осуществлялись Соединёнными Штатами, а не Россией. Мы сократили количество носителей всего на 6 единиц, а американцы — на 157. Если иметь в виду развёрнутые ядерные боезаряды, у нас сокращение составило 119 единиц, а у американцев — 333. То есть Договор СНВ-3 действительно позволил укрепить паритет, обеспечить стратегическую стабильность.

Но что произойдёт, если Договор СНВ-3 не будет продлён на следующие пять лет? А администрация Д. Трампа сделала всё, чтобы помешать его продлению и добиться стратегического превосходства США. И это возможно. Ведь возвратный потенциал США значительно превышает наш возвратный потенциал. Дело в том, что американцы производили сокращения, снимая часть боеголовок со своих межконтинентальных баллистических ракет, с баллистических ракет подводных лодок, и вполне могут вернуть эти заряды назад. Наши же тяжёлые ракеты по завершении их жизненного цикла пришлось снимать с вооружения. В результате наш возвратный потенциал

не позволит нам поддерживать количественный паритет с США, пока не начнётся развёртывание межконтинентальных баллистических ракет (МБР) “Сармат”.

При администрации Д. Трампа расходы США на ядерные вооружения выросли в 1.5 раза. При этом надо учитывать, что американцы планируют выделить огромные средства на НИОКР и закупки ядерных вооружений — 494 млрд долл. на ближайшие 10 лет [2]. Общая стоимость начавшейся модернизации ядерного арсенала может превы-

Таблица 3. Расходы на ядерное оружие в 2019 г., млрд долл.

США	35.4
КНР	10.4
Великобритания	8.9
Россия	8.5
Франция	4.8
Индия	2.3
Израиль	1.0
Пакистан	1.0
КНДР	0.6
ВСЕГО	72.9

Источник: ICAN. Enough is Enough: 2019 Global Nuclear Weapons Spending, May 2020. P. 3.

Таблица 4. Договор СНВ-3

	Развёрнутые МБР, БРПЛ и тяжёлые бомбардировщики	Развёрнутые боеголовки	Развёрнутые и неразвёрнутые МБР, БРПЛ и ТБ
Установленные ДСНВ-3 потолки	700	1550	800
Россия 1.09.2011 г.	516	1566	871
Россия 1.12.2020 г.	510	1447	764
Сокращения России	6	119	107
США 1.09.2011 г.	822	1790	1043
США 1.12.2020 г.	675	1457	800
Сокращения США	157	333	243

Источник: New START Treaty Aggregate Numbers of Strategic Offensive Arms. Fact Sheet. Bureau of Arms Control, Verification and Compliance. December 1, 2020.

силь 1 трлн долл. [3]. При этом США способны довести количество ядерных боезарядов до 4 и даже 7 тыс. [4]. Намечена закупка 648 новых МБР (GBSD), 12 новых стратегических подводных лодок “Колумбия” (16 пусковых установок баллистических ракет на каждой), а также не менее 100 тяжёлых бомбардировщиков В-21, а если прекратит действие ДСНВ-3, их количество может увеличиться до 150–200 (табл. 5).

Для оснащения тяжёлых бомбардировщиков США располагают 526 крылатыми ракетами воздушного базирования (КРМБ), а также 322 авиабомбами В-61 и В-83, а также 230 бомбами В-61 для фронтовой авиации. Для новых бомбардировщиков будет закуплено 1000 ядерных крылатых ракет LRSO YAGM-180 дальностью до 2500 км [4]. Кроме того, планируется вновь установить снятые в 2010 г. ядерные боеголовки на КРМБ “Томагавк”, которыми оснащены американские надводные корабли и ударные подводные лодки.

Таблица 5. Планы модернизации ядерных вооружений США

Система	Количество	Стоимость, млрд долл.
МБР GBSD	648	100
ПЛАРБ Columbia	12	139
Тяжёлые бомбардировщики В-21	100+	120
КРМБ (LRSO)	1000+	100
Ядерные боезаряды	?	125

США в настоящее время проводят грандиозное обновление своего арсенала ядерных боезарядов. Заново создаются или подвергаются радикальной модернизации 10 типов ядерных боеголовок общей стоимостью примерно 100 млрд долл. (табл. 6). Этим объясняются выдвинутые в 2020 г. требования республиканцев в Конгрессе возобновить ядерные испытания [5]. Поэтому для поддержания стратегической стабильности потребуются заключение ряда новых договорённостей, которые были бы не просто продолжением ДСНВ-3, но и затрагивали бы все классы ядерных вооружений, а также новейшие неядерные стратегические системы.

НЕСТРАТЕГИЧЕСКОЕ ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ

С точки зрения физики, нет никакой разницы между стратегическими и нестратегическими боезарядами. Подобное разделение характерно только для России и США.

Напомним, что администрация Д. Трампа весьма путанно требовала включить в повестку российско-американских переговоров все “не ограниченные” ядерные вооружения (табл. 7). Что это означает? Не ограниченное в рамках ДСНВ-3 ядерное оружие? Российское нестратегическое ядерное оружие? Китайские ядерные арсеналы, но без Франции и Великобритании?

Попробуем разобраться с нестратегическим ядерным оружием. По западным оценкам, у России его значительно больше, чем у США. Но нестратегические ядерные вооружения могут быть *оборонительными* и *наступательными*. Оборонительные — это ядерные заряды для систем ПРО, ПВО, береговой обороны, которые не могут по-

Таблица 6. Стоимость продления срока и разработки новых ядерных боезарядов, млрд долл.

Программа	Стоимость
Продление срока боезаряда W76 LEP	3.5
Модификация боезаряда W76-2 Modification	0.075
Продление срока боезаряда B61-12 LEP	8.3
W88 Alt 370	2.8
Продление срока боезаряда W80-4 LEP	11.0
Модификация боезаряда W87-1 Modification	13.8
Разработка боезаряда W93	18.2
Разработка нового боезаряда для МБР Future Strategic Land-Based Warhead	19.2
Разработка нового боезаряда для БРПЛ Future Strategic Sea-Based Warhead	20.5
Разработка нового боезаряда на смену B61 Follow-On	26.3

Источник: U.S. Strategic Nuclear Forces: Background, Developments, and Issues. Congressional Research Service. December 10, 2020.

ражать цели на территории противника, то есть не представляют угрозы для США и американских союзников. По оценкам западных центров, к ним относится почти половина российских нестратегических ядерных вооружений.

Наступательные вооружения — ядерные заряды на ракетах наземного, морского и воздушного базирования, а также авиационные бомбы. У США такие авиационные боезаряды находятся частично на американской территории, а частично (150–200 бомб B-61) развёрнуты на передовых базах в пяти странах НАТО, откуда они могут быть использованы против целей на территории

России. Вашингтон отказывается вывести своё ядерное оружие из Европы.

У России часть нестратегических ядерных вооружений расположена не на европейской, а на азиатской территории. Но в отличие от США, такие боезаряды сосредоточены на базах центрального хранения, то есть, если использовать терминологию ДСНВ-3, остаются неразвёрнутыми.

Североатлантический альянс — военный союз, в котором участвуют три ядерных государства. В Европе находятся примерно 500 ядерных боезарядов Великобритании и Франции — союзников США по НАТО, которые не ограничиваются в рамках ДСНВ-3. Эти вооружения являются развёрнутыми, если применять методику подсчётов ДСНВ-3. Их надо учитывать наряду с американскими авиабомбами передового базирования в европейском ядерном балансе между НАТО и Россией. По расчётам, здесь также существует примерное количественное равенство боезарядов. Но Лондон и Париж, как известно, категорически отказываются от участия в переговорах об ограничении и сокращении ядерных вооружений, ссылаясь на то, что они многократно уступают Москве и Вашингтону по размерам и номенклатуре ядерных арсеналов (см. табл. 2). Такую же позицию занимает и Пекин, отвергнувший требование администрации Д. Трампа подключиться к переговорам о ДСНВ-3.

В этих условиях соглашение по ядерному оружию в Европе с участием четырёх официальных ядерных государств оказывается недостижимым. Но невозможно и подписание российско-американского договора по нестратегическим ядерным вооружениям, поскольку США утверждают, что Россия обладает большим количественным превосходством, и будут требовать наших односторонних сокращений. Однако значительное превосходство НАТО по обычным вооружениям и вооружённым силам делает такие сокращения крайне невыгодными для нас. Российская военная доктрина предусматривает возможность применения ядерного оружия в случае агрессии, ко-

Таблица 7. Американская оценка ядерных сил Россия и НАТО в Европе, не ограниченных ДСНВ-3 (количество боеголовок)

Страна	Военно-воздушные силы	Сухопутные войска	Военно-морской флот	Всего
Россия	194–349	136–216	140–184	470–749
Франция	40	0	250	290
Великобритания	0	0	195	195
США	150–200	0	0	150–200
Всего в НАТО	190–240	0	445	635–685

Источник: Strengthening Strategic Security in Central and Eastern Europe. Center for European Policy Analysis. October 2017.

Таблица 8. Дальность нынешних высокоточных вооружений США

Ракета	Класс	Дальность
“Хеллфайр”	Ракета воздух—земля	7—11 км
“Гарпун ”	Противокорабельная КР	90—240 км
ATACMS	Баллистическая ракета	165—300 км
ALCM	КРВБ	950—2500 км
JASSM/JASSM ER	КРВБ	370—1000 км
“Томагавк”	КРМБ	1250—2500 км

Источник: <https://missilethreat.csis.org/country/united-states/>

торая поставит под угрозу само существование нашего государства [6].

Решение проблемы может заключаться в том, чтобы добиться включения американских бомб передового базирования в общий потолок развёрнутых стратегических и нестратегических ядерных вооружений. Как представляется, именно так надо ставить вопрос о проведении двусторонних переговоров между Вашингтоном и Москвой, если США согласятся на продление ДСНВ-3. При этом потребуются разработка принципиально новых мер проверки и мониторинга всех классов ядерного оружия, в том числе находящегося на базах центрального хранения. Но здесь возникнет сложная проблема, связанная с ядерными боезарядами, снятыми с вооружения и ожидающими разборки.

ОБЫЧНОЕ ВЫСОКОТОЧНОЕ ОРУЖИЕ

Можно говорить о стратегической стабильности не только на глобальном уровне, но и на региональном. Для нашей страны имеют первостепенное значение три ключевых региона: Европа, Ближний и Средний Восток, а также Дальний Восток. Наиболее опасная для нас ситуация складывается в Европе, где в результате расширения НАТО и создания инфраструктуры Североатлантического блока вблизи наших границ резко повысилась военная напряжённость. Если в начале 1980-х годов расстояние до Москвы от американских баз ракет “Першинг-2”, которые были размещены администрацией Р. Рейгана в Западной Европе, достигало примерно 2000—2500 км, то от Балтийских государств — членов НАТО оно составляет примерно 600 км до Москвы, а до Петербурга — 150 км. Выход США из Договора о ракетах средней и меньшей дальности и Договора по открытому небу, а 18 лет назад из Договора по ПРО

создаёт ситуацию “игры без правил”, когда возрастает угроза военного столкновения.

Сегодня в США широким фронтом идёт разработка новых высокоточных неядерных ракетных систем большой дальности, способных поражать некоторые стратегические цели. Ранее такие цели можно было уничтожить только с помощью ядерного оружия. Это начинает негативно сказываться на стратегической стабильности. За последние три десятилетия США использовали в локальных войнах свыше 140 тыс. высокоточных неядерных боеприпасов малой дальности, а также более 2 тыс. крылатых ракет морского базирования “Томагавк” и 350 крылатых ракет воздушного базирования ALCM [7].

Как свидетельствует таблица 8, дальность большинства высокоточных вооружений не превышает 300 км. В то же время некоторые системы воздушного и морского базирования способны поражать цели на расстоянии 1000—2500 км. В частности, ВМС США располагают примерно 4 тыс. КРМБ “Томагавк”, дальность которых достигает 2500 км. Примерно такую же дальность имеет и КРВБ ALCM AGM-86B, неядерный вариант которой снимается с вооружения. Новейшая крылатая ракета BBC США JASSM-ER может поражать цели на расстоянии до 1 тыс. км. Её носителями являются как тяжёлые бомбардировщики B-1 и B-52, так и истребители F-15 и F-16.

В 2016—2020 гг. Пентагон закупил 210 тыс. высокоточных боеприпасов. В течение следующих пяти лет намечается приобрести ещё 110 тыс. единиц высокоточного оружия 15 типов [8]. В таблице 9 показаны закупки основных систем такого оружия в 2019—2025 финансовых годах.

Что касается ракет наземного базирования, то администрация Д. Трампа сделала упор на скорейшее создание систем, которые ранее были запрещены Договором РСМД (500—5500 км). Для американской армии ведётся разработка высокоточной ракеты Precision Strike Missile, дальность которой может составить 500—800 км [9]. Эта ракета придёт на смену ракетам ATACMS. Вместе с тем объявлено, что будут развёрнуты в наземном варианте ракеты ВМС “Томагавк-5” и SM-6 Block IV [10]. Это в какой-то мере станет повторением ситуации начала 1980-х годов, когда администрация Р. Рейгана развернула в Западной Европе КРНБ, созданную на основе пусковой установки МК-41 для КРМБ “Томагавк”. Мы же в силу географии аналогичную угрозу Соединённым Штатам создать не можем.

В 2019 г., после того как США вышли из Договора РСМД, был проведён запуск ракеты “Томагавк” с наземной пусковой установки МК-41. Если “Томагавки” будут развёрнуты на базе систем ПРО “Иджис Эшор” в Румынии и Польше, то в пределах их досягаемости окажутся практически

Таблица 9. Закупки высокоточного оружия

Вид оружия	2019	2020–2025
Army Tactical Missile System (ATACMS)	0	232
Guided Multiple Launch Rocket System (GMLRS)	7668	42 576
Hellfire (AGM-114R)	5161	22 391
Joint Air-to-Ground Missile (JAGM)	796	4 771
Joint Air-to-Surface Standoff Missile (JASSM)	360	2 847
Joint Direct Attack Munition (JDAM)	39 614	74 363
Small Diameter Bomb Increment I (GBU-39 SDB-I)	5 743	16 748
Small Diameter Bomb Increment II (GBU-52 SDB-II)	1 260	9 739
Advanced Anti-Radiation Guided Missile (ARRGM)	0	375
Long Range Anti-Ship Missile (LRASM)	52	356
Tomahawk (xGM-109E)	0	245

Источник: Department of Defense Budget FY2000–2021 P-1 Procurement Budget Requests. <https://comptroller.defense.gov/Budget-Materials/>; Department of Defense National Defense Budget Estimate for FY2021 P. 60–61. https://comptroller.defense.gov/Portals/45/Documents/defbudget/fy2021/FY21_Green_Book.pdf, Air Force FY2021 Missile procurement budget justifications; Army FY2021 Missile procurement budget justifications; Navy FY2021 Weapons procurement budget justifications.

все цели на европейской территории России. Это касается и КРМБ в случае их запуска из акваторий Чёрного, Балтийского и Баренцева морей (рис. 3).

В ядерной доктрине России говорится об угрозе “наращивания потенциальным противником на сопредельных с Российской Федерацией и её союзниками территориях и в прилегающих морских акваториях группировок сил общего назна-

чения, в составе которых находятся средства доставки ядерного оружия” [6]. Можно полагать, что, если не удастся достигнуть каких-то новых договорённостей о контроле над вооружениями, то во второй половине нынешнего десятилетия у США будет не менее 6000 ракет средней (более 500 км) дальности морского, воздушного и наземного базирования, из них примерно 1000 – в европейском регионе. Это должно обеспечить им

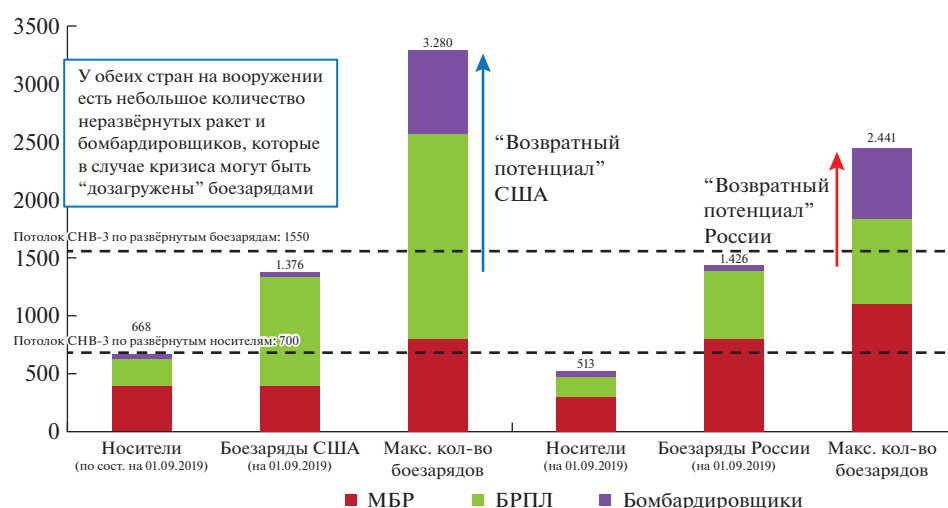


Рис. 1. СНВ-3 и “возвратный потенциал” России и США

Источник: <https://www.forbes.com/sites/hanskristensen/2019/12/10/the-new-start-treaty-keeps-nuclear-arsenals-in-check-and-president-trump-must-act-to-preserve-it/?sh=872a2b76e740>

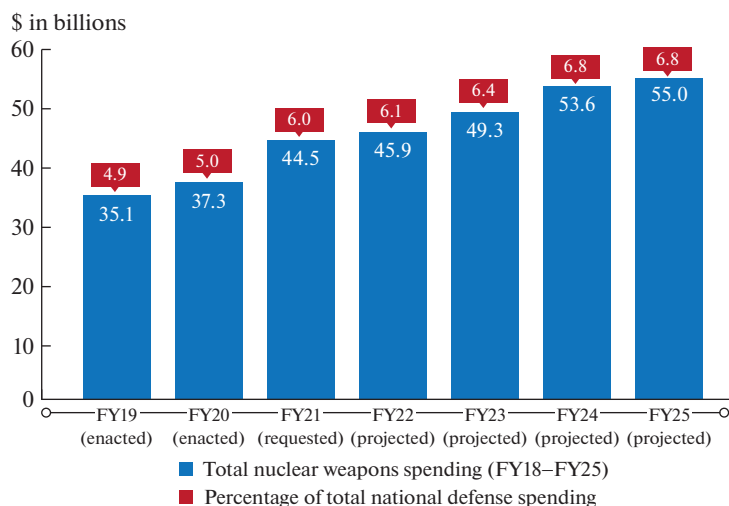


Рис. 2. Планируемые расходы США на ядерное оружие, млрд долл.

Источник: <https://www.armscontrol.org/issue-briefs/2020-03/surging-us-nuclear-weapons-budget-growing-danger>



Рис. 3. Дальность ракет “Томагавк” и JASSM-ER

Источник: https://www.rand.org/pubs/research_briefs/RB10115.html

возможность так называемого эскалационного контроля в случае возникновения военного конфликта между НАТО и Россией. Но этих сил и средств будет недостаточно для нанесения упреждающего удара по всем российским стратегическим объектам в Европе.

Следует также учитывать, что Россия располагает весьма эффективными средствами ПВО/ПРО, включая системы С-300 и С-400. Для их преодоления необходимо сосредоточить вблизи наших границ не менее 2–3 тыс. высокоточных ракет на

надводных кораблях, подводных лодках и тяжёлых бомбардировщиках. Но скрытно создать такую группировку вряд ли удастся.

ГИПЕРЗВУКОВОЕ ОРУЖИЕ

Ситуация может измениться, если США развернут свои гиперзвуковые ракеты средней дальности в государствах Балтии и Польше, с полётом всего лишь несколько минут к Москве и другим стратегическим целям на нашей территории (табл. 10). По американским оцен-

Таблица 10. Время обнаружения пуска гиперзвуковых систем, мин

	Ракета с планирующим боевым блоком (мах 10–25)	Баллистические ракеты средней дальности (мах ~15)	Гиперзвуковые крылатые ракеты (мах 5)
Дальность (в милях)	6800	2200	930
Спутники СПРН	33 минуты	19 минут	16 минут
Наземные РЛС СПРН	4 минуты	14 минут	11 минут
РЛС ПВО	3 минуты	0 минут	8 минут

Источник: Table modified from James M. Acton, *Silver Bullet? Asking the Right Questions about Conventional Prompt Global Strike*. Washington, D.C.: Carnegie Endowment for International Peace, 2013. P. 70, <https://carnegieendowment.org/>

Таблица 11. Расходы на разработку некоторых гиперзвуковых систем, млн долл.

Класс оружия	2020 ф.г.	Запрос на 2021 ф.г.
Авиационное оружие быстрого реагирования AGM-183 Air-Launched Rapid Response Weapon (ARRW)	286	382
Гиперзвуковое обычное ударное оружие Hypersonic Conventional Strike Weapon (HCSW)	290	0
Концепция авиационного гиперзвукового оружия Hypersonic Air-breathing Weapon Concept (HAWC)	20	7
Тактический планирующий блок Tactical Boost Glide (TBG)	152	117
Универсальный гиперзвуковой планирующий блок Common Hypersonic Glide Body (C-HGB)	?	?
Гиперзвуковое оружие большой дальности Long-Range Hypersonic Weapon (LRHW)	404	801
Оперативное огневое средство Operational Fires (OpFires)	50	40
Обычный быстрый удар Conventional Prompt Strike (CPS)	512	1008

Источник: Program information taken from U.S. Navy, Army, Air Force, and DARPA. FY2021 Justification Books. <https://comptroller.defense.gov/Budget-Materials/>

кам, это может создать проблемы для систем СПРН, что затруднило бы нанесение ответно-встречного удара по агрессору.

В США гиперзвуковые вооружения активно разрабатываются с начала 2000-х годов (табл. 11). В 2019 г. начались испытания целого ряда гиперзвуковых ракетных систем, что позволит развернуть в 2020-е годы несколько сотен гиперзвуковых ракет средней дальности [11]. Официально заявляется, что гиперзвуковые системы предназначены для оснащения их обычными боеголовками [12]. Однако американская пресса сообщала, что ВВС изучают технологии, которые позволили бы установить ядерный заряд на гиперзвуковую систему. Стратегическое коман-

дование США делает упор на интеграцию ядерных и неядерных средств поражения стратегических целей [13]. При этом особое внимание уделяется поражению мобильных целей [12]. Отметим, что виды вооружённых сил США конкурируют между собой в создании гиперзвуковых систем, зачастую дублирующих друг друга.

Военно-воздушные силы США. Авиационное оружие быстрого реагирования (ARRW). Программа авиационной ракеты AGM-183A с глайдером разрабатывается корпорацией Lockheed Martin. Носителем ракет AGM-183A на первом этапе, вероятно, станут стратегические бомбардировщики B-52H, однако в дальнейшем планируется оснащение ими других платформ, включая бомбарди-

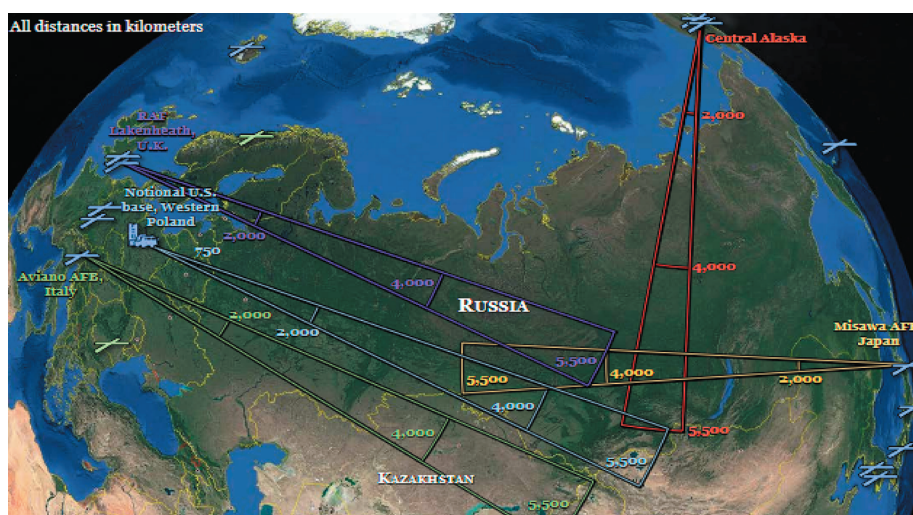


Рис. 4. Вероятный сектор обстрела будущих американских ракет средней дальности
Источник: Leveling the Playing Field, CSBA. 2019. P. 24.

ровщики B-21 и истребители F-15E/EX. В ARRW будут использованы наработки Управления перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США (DARPA) по тактической системе носителя с планирующим боевым блоком дальностью около 1600 км.

Гиперзвуковое обычное ударное оружие (HCSW). Параллельно с ARRW разрабатывался планирующий управляемый высокоточный боевой блок на твердотопливном ускорителе. Главное отличие — тип блока: в ракете должен был использоваться единый межвидовой глайдер — Общий гиперзвуковой планирующий блок (С-HGB).

Концепция авиационного гиперзвукового оружия (HAWC) представлена совместной программой BBC и DARPA. Разрабатывается демонстратор крылатой ракеты с гиперзвуковым прямоточным реактивным двигателем (ГПВРД) “Scramjet”.

Тактический планирующий блок (TBG) — совместная программа BBC и DARPA, продолжение разработки гиперзвуковой ракеты “Фалькон”. Этот блок предполагается разместить на ракете AGM-183A.

Сухопутные войска. *Гиперзвуковое оружие большой дальности (LRHW).* Это наиболее высокоприоритетная программа военного гиперзвука в США. В её рамках планируется создать новый мобильный комплекс с баллистической ракетой средней дальности, своего рода “Першинг-3”, но уже с неядерным высокоточным глайдером — “межвидовым” С-HGB. Приоритетными целями для LRHW должны стать ракетные комплексы средней дальности и береговой обороны, а также средства ПРО и ПВО.

Оперативное огневое средство “Operational Fires” (OpFires) — совместная программа армии и

DARPA для отработки технических решений наземного комплекса с глайдером.

Strategic Long Range Cannon (SLRC) — “тысячелетняя пушка” с дальностью стрельбы до 1800 км. Речь идёт о пусковой установке на базе гаубицы “Палладин”, которая станет обеспечивать первичный разгон ракете-снаряду, оснащённой двигательной установкой (от твердотопливного ускорителя до малогабаритного прямоточного двигателя).

Универсальный планирующий боевой блок (С-HGB) предполагается разместить в мобильных пусковых установках контейнерного типа для поражения целей особой важности, удалённых более чем на 2400 км.

Военно-морские силы. *Система быстрого обычного удара (CPS).* ВМС занимает лидирующие позиции в разработке носителя с планирующим боевым блоком, который мог бы использоваться всеми видами вооружённых сил. Эта система — наследница неосуществлённой идеи “Быстрого глобального удара” [14]. В середине 2020-х годов планируется установить универсальный планирующий блок на баллистических ракетах подводного базирования на подводных лодках класса “Огайо”, а позднее и класса “Вирджиния”, а также на эсминцах класса “Замволт”.

Intermediate Range Conventional Prompt Strike (IRCPS) — ракета средней дальности с глайдером С-HGB. Комплексы IRCPS и LRHW будут практически идентичны. Это партнёрство двух видов вооружённых сил: флот предоставил ускоритель, а армия — глайдер, ВМС планируют развернуть такие системы на многоцелевых АПЛ типа “Вирджиния” 5-й серии с дополнительным ракетным отсеком, так называемым Virginia Payload Module (VPM) [15].

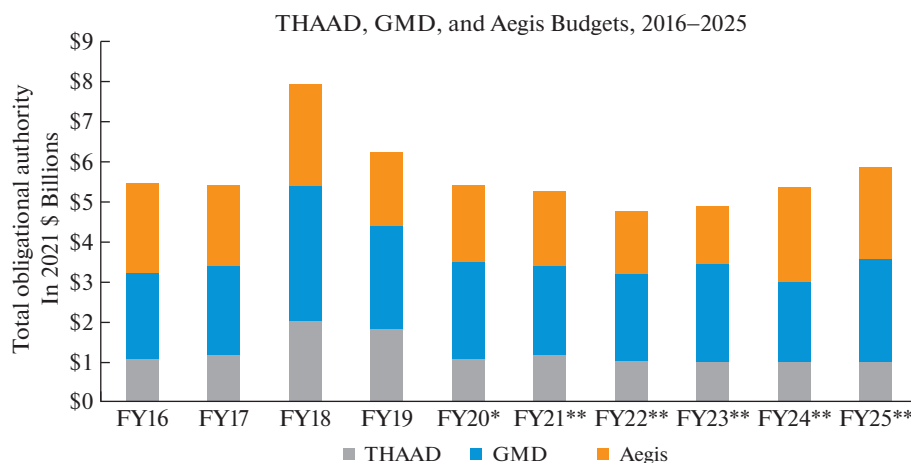


Рис. 5. Расходы на закупку ракет-перехватчиков THAAD, GBI и “Иджис”

Источник: Defending the Homeland. Growing Foreign Challenges to the U.S. Missile Defense Posture. Lawrence Livermore National Laboratory, December 2020.

На рисунке 4 показана возможная дальность нового поколения американских ракет, развёрнутых вблизи границ России. По существу, такие ракеты средней дальности покрывают всю территорию нашей страны, включая базы МБР, стратегических подводных лодок и тяжёлых бомбардировщиков. Таким образом, может возникнуть серьёзная угроза обезоруживающего, обезглавливающего удара, то есть угроза выживанию нашего государства, если залп высокоточных гиперзвуковых ракет будет синхронизирован с пуском стратегических ядерных систем, например, БРПЛ и крылатых ракет LRSO. А это может побудить к нанесению упреждающего удара в случае резкого обострения военно-политической обстановки. Конечно, реалистичность такого сценария невелика, но полностью его исключать не следует.

ПРОТИВОРАКЕТНАЯ ОБОРОНА

Напомню, что Вашингтон ещё в 2002 г. в одностороннем порядке вышел из Договора по ПРО, который справедливо считался краеугольным камнем стратегической стабильности. Однако, потратив 172 млрд долл. на ПРО, за прошедшие 18 лет США не смогли создать систему противоракетной обороны, которая обеспечивала бы защиту американской территории от наших ракет. Развёрнутые на территории Аляски и Калифорнии 44 стратегические ракеты-перехватчика GBI имеют низкую эффективность. Тем не менее их количество планируется увеличить до 64 и затем, возможно, до 100 [16].

Более успешным оказалось развитие ПРО на ТВД, включая системы “Иджис” морского и наземного базирования и THAAD. США осуществляют крупномасштабные закупки этих систем

ПРО (рис. 5). Системой “Иджис” оснащены 48 американских эсминцев и крейсеров, в 2025 г. их количество достигнет 65 [17]. Компания “Рейтион” произвела в общей сложности 400 ракет-перехватчиков SM-3 и SM-6. В настоящее время у США имеется 203 ракеты SM-3 Block IB и 11 ракет SM-3 Block IIA. В дальнейшем их численность будет доведена до 568. Мобильная система ПРО наземного базирования THAAD предназначена для объектовой обороны. Американская армия закупила 351 ракету-перехватчик THAAD, которыми оснащены семь батарей (одна из них развёрнута в Южной Корее, ещё одна — на острове Гуам). Планируется закупка восьмой батареи (табл. 12). Помимо этого, Пентагон располагает 60 батареями тактической ПРО “Пэтриот”. В 2021 г. предусматривается закупка ещё 167 перехватчиков “Пэтриот” модификации PAC-03/MCE [18]. США поставили эти ракеты в 17 стран.

Таблица 12. Закупка ракет-перехватчиков в 2021–2025 ф.г.

Тип ракеты	2021 ф.г.	2021–2025 ф.г.
SM-3 Block IB	34	177
SM-3 Block IIA	6	113
SM-6 Block IB	125	776
THAAD	41	?
Всего	206	1066+

Источник: Navy Aegis Ballistic Missile Defense (BMD) Program: Background and Issues for Congress Updated Congressional Research Service. December 9, 2020.

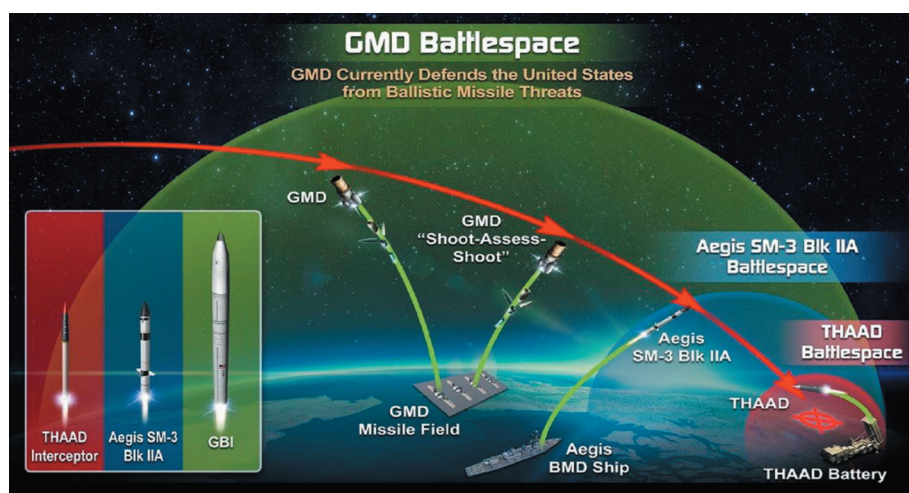


Рис. 6. Концепция эшелонированной ПРО США

Источник: Defending the Homeland. Growing Foreign Challenges to the U.S. Missile Defense Posture. Lawrence Livermore National Laboratory, December 2020.

В 2018 г. США заключили сделку с Саудовской Аравией стоимостью 13,4 млрд долл. на продажу 360 ракет-перехватчиков THAAD. Кроме того, 62 ракеты SM-3 Block IIA США продали Японии, а системы “Иджис” были закуплены у США целым рядом стран — членов НАТО, в том числе Великобританией, Германией, Норвегией, Испанией, Нидерландами, Данией, а также Австралией [17]. Немаловажное значение имеет тесное сотрудничество США с Израилем в сфере противоракетной обороны. На американские деньги была создана израильская система ПРО, которая неоднократно демонстрировала свою эффективность в ходе военных действий. В 2020 г. Соединённые Штаты в свою очередь осуществили закупку двух батарей израильской системы ПРО “Железный купол” (“Iron Dome”), которые были развернуты на территории США.

Следует отметить, что ракета-перехватчик SM-6 после усовершенствования стала способной поражать надводные и наземные цели. Это первая многоцелевая система, предназначенная для решения как оборонительных, так и наступательных задач. Видимо, в будущем появятся и другие многоцелевые системы.

17 ноября 2020 г. произошло событие, которое может иметь крайне негативные последствия для стратегической стабильности. США провели успешное испытание ракеты SM-3 Block IIA по перехвату межконтинентальных баллистических ракет. Если эти перехватчики будут интегрированы в стратегическую ПРО, потенциал противоракетной обороны США многократно возрастёт. Так формируются контуры эшелонированной стратегической ПРО (рис. 6). Её первый эшелон составят перехватчики GBI, а затем NGI; второй

эшелон — системы “Иджис”, третий — THAAD. Общее количество ракет-перехватчиков разных типов может превысить 1000. Такая система противоракетной обороны может сыграть серьёзную роль при нейтрализации ответного удара.

На космические военные программы Пентагон намерен потратить в 2021 финансовом году 15,5 млрд долл. [19]. Нельзя исключать и появление в будущем орбитального эшелона ПРО с ударными системами, которые смогут осуществлять перехват в космосе, а также поражать МБР на разгонном участке. По оценке Бюджетного управления Конгресса США, космическая ПРО может включать до 1000 орбитальных платформ с ракетами [16]. Наша ядерная доктрина отмечает угрозу, которую может представлять “создание и размещение в космосе средств противоракетной обороны и ударных систем” [6]. Теоретически возможно и использование космических систем для поражения ракет до их запуска (то есть для упреждающего удара), о чём говорилось в “Обзоре ПРО” администрации Д. Трампа [20].

РОЛЬ НАУЧНОЙ ДИПЛОМАТИИ

Таким образом, сегодня всё более заметными становятся геополитические и технологические угрозы стратегической стабильности. Администрация Д. Трампа вообще отказалась от использования термина “стратегическая стабильность”. Но у нас есть определённые возможности переломить негативные тенденции. Я полагаю, что Российская академия наук может сыграть очень важную роль, не только разрабатывая новые как ядерные, так и неядерные технологии с целью поддержания стратегического паритета. Важно её участие и в диалоге по так называемому “второму

треку” (переговоры между экспертами и бывшими официальными лицами) с тем, чтобы совместно с нашими западными коллегами разработать нетривиальные подходы, которые, как 50 лет назад, позволят на официальном уровне добиться компромиссных соглашений, обеспечить стратегическую стабильность.

7 декабря 2020 г. был опубликован доклад, который инициировали Институт США и Канады РАН и Институт Европы РАН, где изложен целый ряд серьёзных рекомендаций по снижению рисков военной конфронтации между НАТО и Россией на европейском континенте [21]. Этот доклад получил широкую поддержку, в его подготовке участвовали ведущие эксперты из США, России и 18 европейских стран. Рекомендации подписали 20 бывших министров иностранных дел и обороны, 30 послов, 30 отставных генералов, а также эксперты из 55 научных центров, организаций и университетов.

Наши предложения включают: возобновление практического диалога в Совете Россия–НАТО; восстановление прямых каналов связи между военными; предотвращение опасных инцидентов; принятие мер доверия и транспарентности; ограничение развёртывания вооружённых сил в некоторых регионах; проведение переговоров по ракетам средней дальности и ПРО в Европе; сохранение действующих соглашений, включая ДСНВ-3 и Договор по открытому небу.

Этот документ, поддержанный широким кругом экспертов и отставных официальных лиц многих стран, свидетельствует о больших возможностях научной дипломатии. Конечно, в эту деятельность необходимо вовлекать не только общественников из таких институтов, как Институт США и Канады, Институт Европы или ИМЭМО РАН, но и представителей естественных наук. Мы сейчас реализуем такого рода проект (по стратегическим вооружениям) с Национальной академией наук США, но, к сожалению, в нём не участвуют наши ведущие эксперты в научно-технической области.

Новая администрация Дж. Байдена сразу же после прихода к власти согласилась на продление Договора СНВ-3 вплоть до 2026 г., что даёт импульс российско-американским переговорам по всему кругу вопросов стратегической стабильности и контроля над вооружениями. Но, несмотря на продление ДСНВ-3, значение дестабилизирующих факторов будет возрастать, если не удастся выработать новые, более широкие соглашения.

Особое значение имеют российские предложения о моратории на развёртывание РСМД. При этом обязательным условием является выработка соответствующего верификационного режима на территориях стран НАТО и России в Европе. В связи с озабоченностью США и других

натовцев по поводу крылатой ракеты 9М729 российская сторона предлагает убедиться, что такие системы отсутствуют *в европейской зоне*. На первом этапе верификационный режим мог бы касаться Калининградской области в жёсткой увязке с применением такого же режима в отношении баз ПРО США “Иджис Эшор” в Румынии и Польше на предмет отсутствия в пусковой установке МК-41 крылатых или баллистических ракет.

Что касается предложений запретить развёртывание в Европе только ядерных ракет средней дальности, но разрешить установку ракет с обычными боеголовками, то для России это неприемлемо, поскольку высокоточные неядерные ракеты могут угрожать нашим стратегическим объектам. Кроме того, верификация неразвёртывания исключительно ракет в ядерном оснащении, если не обеспечена проверка неядерных ракет, практически недостижима. В то же время возможны трёхсторонние (Китай–США–Россия) или пятисторонние (с участием Индии и Пакистана) переговоры о ракетах средней дальности в Азии.

Думается, что РАН могла бы внести важный вклад в разработку принципиально новых подходов к вопросам контроля над вооружениями, которые соответствовали бы геополитическим и технологическим реалиям XXI столетия. Это касается стратегических и нестратегических ядерных вооружений, новейших высокоточных неядерных вооружений, гиперзвука, кибероружия, космоса.

ЛИТЕРАТУРА

1. ICAN. Enough is Enough: 2019 Global Nuclear Weapons Spending. May 2020. P. 3. <https://d3n8a8-pro7vhm.cloudfront.net/ican/pages/1549/attachments/original/1589365383/ICAN-Enough-is-Enough-Global-Nuclear-Weapons-Spending-2020-published-13052020.pdf?1589365383>
2. Projected Costs of U.S. Nuclear Forces, 2019 to 2028. Congressional Budget Office. January 2019. <https://www.cbo.gov/system/files/2019-01/54914-NuclearForces.pdf>
3. Rapaport H. The US Government Plans to Spend Over a Trillion Dollars on Nuclear Weapons. Columbia University. Center for Nuclear Studies. July 9, 2020.
4. The Potential Costs of Expanding U.S. Strategic Nuclear Forces If the New START Treaty Expires. Congressional Budget Office. August 2020. <https://www.cbo.gov/publication/56524>
5. 05/22/20 The Hill. June 8, 2020. Tal Axelrod. Trump admin has looked at conducting first US nuclear test since '90s citing threat from Russia, China: report.
6. Основы государственной политики Российской Федерации в области ядерного сдерживания. Утверждены Указом Президента Российской Федерации от 2 июня 2020 г. № 355.

7. Air Force Central. Airpower Summaries, press release. September 1, 2019. <https://www.afcent.af.mil/About/AirpowerSummaries>.
8. *Hoehn J.R., Samuel D.* Ryder Precision-Guided Munitions: Background and Issues for Congress. Congressional Research Service. June 26, 2020.
9. <https://breakingdefense.com/2020/06/army-tests-prsm-seeker-to-hunt-ships-sams/>
10. 9/8/2020 The Army is Working to Field a Ground-Launched Strike Version of the Navy's SM-6 Missile — The Drive. <https://www.thedrive.com/the-war-zone/36213/the-army-is-working-to-field-a-ground-launched-strike-version-of-the-navys-sm-6-missile>
11. *Roblin S.* The Pentagon Plans to Deploy an Arsenal of Hypersonic Weapons in the 2020s // *Forbes*. 2020. Apr. 30.
12. Hypersonic Weapons: Background and Issues for Congress. Congressional Research Service. December 1, 2020.
13. <https://fas.org/wp-content/uploads/2020/12/An-Integrated-Approach-to-Deterrence-Posture.pdf>.
14. Conventional Prompt Global Strike and Long-Range Ballistic Missiles: Background and Issues Congressional Research Service. Updated December 16, 2020.
15. *Ермаков А.* Новый оборонный заказ // *Стратегии*. 2020. № 2 (61). С. 26–27.
16. Costs of Implementing Recommendations of the 2019 Missile Defense Review. CBO, January 2021.
17. Navy Aegis Ballistic Missile Defense (BMD) Program: Background and Issues for Congress. Congressional Research Service. September 18, 2020.
18. Department of Defense Budget FY 2000-2021. P-1 Procurement Budget Requests. <https://comptroller.defense.gov/Budget-Materials/>, Department of Defense National Defense Budget Estimate for FY2021
19. Office of Undersecretary of Defense (Controller). Fiscal Year 2021 Budget Request. Acquisition Costs by Major Weapon Systems.
20. Missile Defense Review. Office of Secretary of Defense. 2019.
21. Рекомендации участников диалога экспертов по сокращению рисков военной конфронтации между Россией и НАТО в Европе. Москва: Весь мир, 2020.

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОБЩЕГО СОБРАНИЯ ЧЛЕНОВ РАН
“75 ЛЕТ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ. ВКЛАД АКАДЕМИИ НАУК”

АКАДЕМИЯ НАУК ВЫДВИГАЕТ ЗАДАЧУ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ МОБИЛИЗАЦИИ СТРАНЫ

Общая дискуссия

Журнал “Вестник Российской академии наук”, Москва, Россия

E-mail: vestnik@pleadesonline.com

Поступила в редакцию 21.02.2021 г.

После доработки 15.03.2021 г.

Принята к публикации 19.03.2021 г.

8–9 декабря 2020 г. в онлайн-формате состоялось Общее собрание членов Российской академии наук, в рамках которого 8 декабря была проведена Научная сессия “75 лет атомной отрасли. Вклад Академии наук” (материалы сессии опубликованы в “Вестнике РАН” в № 5 и в № 6 за 2021 г.). На заседании 9 декабря происходило вручение Большой золотой медали им. М.В. Ломоносова РАН 2019 г., один из лауреатов которой академик РАН Г.С. Голицын выступил с докладом. От имени другого лауреата профессора П.И. Крутцена¹ (Нидерланды) было зачитано видеоприветствие (доклады Г.С. Голицына и П.И. Крутцена опубликованы в “Вестнике РАН” в № 1 за 2021 г.). Состоялось также вручение золотых медалей имени выдающихся учёных. Медалей удостоены:

Большой золотой медали имени Н.И. Пирогова РАН 2019 г. — академик РАН Алексей Георгиевич Бандурашвили и профессор Франц Гриль (Австрия);

Золотой медали имени Н.Н. Боголюбова — академик РАН Владимир Евгеньевич Захаров;

Золотой медали имени П.Л. Капицы — академик РАН Владимир Владимирович Дмитриев;

Золотой медали имени Д.В. Скобельцына — Аркадий Моисеевич Гальпер;

Золотой медали имени Д.К. Чернова — академик РАН Юрий Владимирович Цветков;

Золотой медали имени В.А. Энгельгардта — академик РАН Александр Александрович Макаров;

Золотой медали имени И.М. Сеченова — академик РАН Михаил Вениаминович Угрюмов;

Золотой медали имени В.И. Даля — Валерий Михайлович Мокиенко;

Золотой медали имени А.Л. Мясникова — академик РАН Елена Зеликовна Голухова;

Золотой медали имени А.А. Полякова — академик РАН Василий Иванович Дорожкин.

Вторая половина заседания была посвящена обсуждению насущных вопросов жизни академии и функционирования научной сферы. Дискуссия оказалась чрезвычайно содержательной и острой. Предлагаем вниманию наших читателей изложение выступлений участников собрания.

Ключевые слова: Российская академия наук, финансирование научных исследований, социально-экономическая стратегия, стратегия научно-технического развития, мультидисциплинарная система научных институтов, аспирантура, последствия реформы РАН, интеллектуальная мобилизация, оценка научной деятельности, Минобрнауки России, Российский фонд фундаментальных исследований, Российский научный фонд.

DOI: 10.31857/S0869587321050054

Открыл обсуждение академик РАН **Р.И. Нигматулин**, который обратил внимание участников заседания на неблагоприятные тенденции в развитии нашей страны. Прежде всего он привёл цифру: 530 тыс. человек — разница между числом умерших и родившихся в 2020 г. Даже если вычесть из этого числа последствия пандемии COVID-19, ситуация не улучшится: как минимум на 400 тыс. человек сократилось население Рос-

сии вследствие социально-экономических причин. А по расчётам Института социально-экономических проблем народонаселения РАН, к 2025 г. наше население начнёт сокращаться с интенсивностью 500 тыс. в год. И это притом, что до 1990-х годов показатели смертности у нас были примерно такими же, как в Европе. Если бы сохранился тот уровень, что был при советской власти, смертность сейчас не превышала бы 200 тыс. в год. Ситуацию усугубляет то обстоятельство, что на фоне повышенной смертности после 2015 г.

¹ Лауреат Нобелевской премии по химии Пауль Йозеф Крутцен скончался 28 января 2021 г. (прим. ред.).

отмечается катастрофическое падение рождаемости — на 30%. Причём это не связано с сокращением численности женщин детородного возраста — жить стало снова тяжело, как в 1990-е годы. Смертность сейчас в значительной мере обусловлена недостаточным финансированием здравоохранения, а рождаемость — низким уровнем жизни. Дело в том, что после 2013 г. наша экономика впала в рецессию, доходы населения упали примерно на 10%.

Р.И. Нигматулин считает, что неблагоприятные тенденции характеризуют ситуацию во многих сферах, в том числе в космических исследованиях. Если исходить из паритета покупательной способности, мы в 20 раз уступаем Соединённым Штатам Америки по финансированию космических программ (а это наука и оборона), хотя по ВВП уступаем всего в 5 раз. Некоторые серьёзные люди, работающие в космической промышленности и машиностроении, говорят, что лет через пять-шесть в этих стратегически важных отраслях наступит кадровый голод — нехватка квалифицированных рабочих и инженеров. Приговор социально-экономической политике, проводимой Правительством РФ, давно вынесен, но ничего принципиально не меняется.

Подчеркнув, что каждый гражданин имеет право на публичную критику руководства страны, Нигматулин заявил, что Академия наук, учёные, просто обязаны высказывать своё мнение относительно сложившейся ситуации, потому что любые социально-экономические решения включают научные компоненты. При условии сохранения нынешней социально-экономической стратегии нет никаких шансов на заметный экономический рост, обеспечение достойной жизни народа и прекращение депопуляции страны. Россия слабеет, и это провоцирует наших геополитических противников на проведение агрессивной политики. Слабая экономически, наша страна утратила технологический суверенитет и рискует потерять устойчивость.

По мнению академика, одна из причин сокращения производительных сил — пренебрежение наукой и мнением учёных. Всё об этом говорит — и так называемая оптимизация образования и здравоохранения, и закон 2013 г. об Академии наук. Непонятно, зачем понадобилось отрывать институты от академии и передавать их бухгалтерам. Настораживает и тенденция заводить уголовные дела в отношении учёных, и досудебные их преследования. А слияние РФФИ и РНФ, которое произошло вопреки мнению РАН? Ведь РФФИ — это детище академии, именно поэтому его переподчинили.

Правительство, полагает Нигматулин, вопиюще неэффективно распределяет государственный бюджет. На развитие человека, то есть на образо-

вание, здравоохранение, науку, культуру, Европа расходует 20% ВВП, мы в 2 с лишним раза меньше, а на космос в 4 раза меньше в долях ВВП. У нас катастрофическими темпами сокращается число научных работников, деградирует аспирантура, разрушается отечественная система учёных степеней и званий. Почему вопреки мнению Академии наук собираются изменить сложившуюся в стране систему присуждения учёных степеней и званий, передать такое право отдельным университетам? Очевидно, это повлечёт за собой взрывной рост численности остепенённых — не учёных, а людей с учёными степенями. А все эти хирши, квартили, импакт-факторы, вынуждающие нас публиковать свои статьи за границей?! Мы же для своего отечества работаем. “Конечно, и за границей надо публиковаться, чтобы о нас знал мир, но зачем рушить российскую научную периодику, наши журналы?”, — задаётся вопросом академик.

В заключение Нигматулин предложил принять обращение Общего собрания РАН, академического сообщества к руководству страны, в первую очередь к Президенту России.

Первое. Поручить президиуму Российской академии наук в течение трёх месяцев сформулировать для Президента РФ основные рекомендации по исправлению социально-экономической ситуации. Проект этого документа уже подготовлен группой учёных, в основном экономистов.

Второе. Настоятельно просить Президента РФ о возвращении академических институтов под управление Российской академии наук со следующими полномочиями: формирование программы исследований и распределение госбюджетных ресурсов, назначение директоров и научных руководителей институтов и региональных научных центров, оценка деятельности институтов. А за Министерством науки и высшего образования РФ можно оставить контрольные функции.

Третье. Срочно сформировать программу восстановления аспирантуры. По прикидкам, в стране должно быть 50 тыс. аспирантов, им следует выплачивать стипендию на уровне средней заработной платы по стране, то есть примерно 35 тыс. руб. Это потребует 20 млрд руб. в год — 0.02% ВВП.

Четвёртое. Нужно срочно подготовить программу обеспечения институтов Академии наук приборами и оборудованием. На эти цели требуется тоже примерно 20 млрд руб.

К вопросу о Российском фонде фундаментальных исследований внимание собравшихся привлёк академик РАН **В.А. Рубаков**. Не прошло и 40 дней после кончины Владимира Евгеньевича Фортова, как тот фонд, которому он отдал столько сил и столько энергии, ликвидируется. По мнению Рубакова, решение об упразднении РФФИ следует рассматривать в одном ряду с реформой академии в 2013 г., как вопиющий пример того, как нельзя

обращаться с научным сообществом. Решение вопросов организации науки должно происходить при определяющем участии самих учёных, но в данном случае, как и во многих других, это очевидное требование было полностью проигнорировано. А ведь, казалось бы, нет нужды говорить о важности внебюджетного финансирования науки, об уникальной роли РФФИ в финансировании небольших коллективов, разнообразных сторон научной жизни — от подписки, издания монографий, поддержки конференций и научных экспедиций до международной деятельности. Особенно пострадали от этого решения учёные в регионах. Скажем, сотрудники Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова, где есть небольшая, но сплочённая и достаточно сильная группа физиков-теоретиков, окажутся теперь без какой-либо поддержки.

В.А. Рубаков напомнил, что и предыдущее Общее собрание Академии наук, и президиум РАН, и общие собрания большинства отделений высказались однозначно за сохранение РФФИ и РНФ как независимых и дополняющих друг друга фондов. Об этом же заявило Общество научных работников, Клуб “1 июля”, другие сообщества учёных, но все их призывы были проигнорированы. Фонд, который создавался учёными, управлялся учёными, работал для учёных, ликвидируется. Проведение исследований, находящихся на базовых этажах научной пирамиды, вне центров мирового уровня, вне так называемых прорывных направлений, оказывается под сильнейшим ударом.

Можно ли повернуть ситуацию вспять, ввести её в нормальное русло? С точки зрения Рубакова, требуется перезагрузка Российского научного фонда, ревизия задач и форм его деятельности, подходов к определению набора грантов, управлению и экспертизе, формированию экспертных советов. Всё это необходимо делать открыто и прозрачно при определяющем участии Российской академии наук и научного сообщества. Поэтому Общему собранию РАН следует обратиться к премьер-министру Российской Федерации с предложением о создании под эгидой Российской академии наук временного органа, в задачу которого входило бы формирование объединённого научного фонда, определение его задач, политики и основных форм деятельности, считает В.А. Рубаков.

Далее академик А.М. Сергеев зачитал обращение к Общему собранию члена-корреспондента РАН А.А. Андропова, в котором сформулировано конкретное предложение по противодействию ковиду, связанное с несовершенством ПЦР-тестов. В обращении отмечается, что возможности повышения надёжности и быстродействия тестов открываются при использовании явления гигант-

ского комбинационного рассеивания на белках ковида при помещении образцов с вирусами на наноструктурированные металлические системы. А.А. Андронов считает, что РАН должна обратиться в Правительство России с предложением о поддержке работ, целью которых должно стать создание прототипа для быстрой и надёжной оптической диагностики микробиосистем.

Поддержав Р.И. Нигматулина, академик РАН М.В. Угрюмов говорил о нынешнем положении Академии наук в нашей стране и науки в целом. Прежде всего он обратил внимание на то обстоятельство, что средства массовой информации преподносят ситуацию так, как будто ничего особенного с академией не происходит: при Петре I была академия и сейчас есть. То есть нет понимания того, что АН СССР и Петровская академия — разные по сути институции. В 1925 г. был создан не клуб известных профессоров, а впервые в мире мультидисциплинарная система институтов. Именно эта система в значительной мере определила победу в Великой Отечественной войне.

По образу и подобию этой системы была перестроена европейская наука после войны, только называлась она по-разному: Национальный центр научных исследований во Франции, Общество Макса Планка и Объединение научно-исследовательских центров им. Гельмгольца в Германии. То есть наша Академия наук оказалась понастоящему конкурентоспособной научной организацией в мировом масштабе, в первую очередь за счёт своей мультидисциплинарности. Современные глобальные вызовы, с которыми столкнулись и медицина, и физика, и оборонная отрасль, могут решаться только на основе такого подхода. С разрушением Академии наук, исключением из её состава институтов утрачена возможность участвовать в решении глобальных проблем.

М.В. Угрюмов обратил внимание на хроническое недофинансирование российской науки — на уровне 1% ВВП, тогда как в развитых странах этот уровень достигает 3–5%. В то же время, по проверенным расчётам, если финансирование ниже 1.5% ВВП, то научная сфера в стране обречена на деградацию. Не зря в наказах В.В. Путина звучало требование довести финансирование науки до 1.6% ВВП. Но этого не сделано. Не может не тревожить и утрата интеллектуального потенциала. Уже к началу 2000-х годов, по данным ООН, из страны эмигрировали почти полмиллиона людей с высшим образованием и остепенённых, и отток продолжается, что равносильно катастрофе.

Говоря о развале академии, Угрюмов подчеркнул, что решение Думы о фактической ликвидации РАН как разветвлённой системы институтов было незаконным, поскольку не было санкцио-

нировано думским Комитетом по науке. Огромную роль в решении комитета сыграл академик В.А. Черешнев, который многим за это поплатился, лишился статусных позиций. Непопулярное решение неправомерно провели через Комитет по образованию.

Характерно, что зарубежное академическое сообщество сразу осознало, чем чревата ликвидация академии, в том числе для развития мировой науки. Сохранились письма президентов практически всех академий наук, направленные президенту РАН. Они были готовы использовать любые возможные рычаги — политические, научные, социальные, чтобы остановить этот процесс, а также провести саммит президентов академий в нашей стране и саммит президентов европейских академий. Но руководство РАН категорически от этого отказалось. Поэтому, считает Угрюмов, нельзя утверждать, что действовавший тогда президиум РАН сделал всё возможное, чтобы сохранить Академию наук.

Важнейший вопрос — что нужно делать сейчас. Здесь ведутся разговоры о деградации научной сферы, о том, что принята неудачная программа. На самом деле, утверждает Угрюмов, никакой программы нет и не было. Ни при Ливанове, ни при Котюкове не предлагалось никакой позитивной программы действий, они просто не знали, что делать, и использовали альтернативные подходы. Ливанов хотел реформировать науку по университетскому пути, британскому, а Котюков — по континентальному, европейскому, по пути Национального центра научных исследований Франции и Общества Макса Планка, то есть фактически по нашему прошлому пути.

М.В. Угрюмов высказал конкретное предложение. С его точки зрения, начинать нужно с серьёзного научного — экономического и социального — анализа последствий реформы. С этой целью следует создать независимую комиссию из членов академии, не слишком обласканных властью. Эта комиссия должна написать разумную программу развития науки, предполагающую возвращение к истокам, к Академии наук в том виде, в каком она сложилась за почти 300 лет своего существования, и представить этот документ в Правительство РФ и Президенту страны. Надо понимать, что реформе 2013 г. предшествовало многолетнее удушение академии, когда финансирование 430 её институтов было эквивалентно финансированию одного Гарварда.

Академик призвал своих коллег и прежде всего президиум РАН и её президента использовать исторический шанс, предпринять конструктивные шаги по возрождению Академии наук, а значит, и всей российской науки.

Выступивший вслед за тем академик РАН **Б.С. Кашин** заметил, что мифы по поводу исто-

рии с разгоном Академии наук распространяются без всякого на то основания. По его словам, академия была разогнана при жёстком контроле и по прямому поручению Президента страны, поэтому обвинения в адрес малозначащих структур абсолютно не своевременны. Пора освободиться от иллюзий.

Кураторы Академии наук в Правительстве РФ заявляют, что в своей работе будут стремиться реализовать национальные цели, сформулированные Президентом. О каких же целях применительно к науке идёт речь?

Возьмём цель “возможности для самореализации и развития талантов” — в неё включена вся наука. Но эту цель уже давно реализуют западные рекрутинговые агентства, которые совместно со спецслужбами обеспечивают полномасштабный отток кадров из России, — у нас всё так организовано, чтобы создать для этого оптимальные условия. Проводимая в отношении науки политика, с сожалением заметил Кашин, всерьёз не анализируется — нельзя сводить это к проблеме РФФИ или ещё каким-то частностям. Нужно сформулировать от имени академии свою оценку действий не каких-то отдельных чиновников, а всей вертикали власти.

Кроме того, Б.С. Кашин считает необходимым обратить пристальное внимание на собственную деятельность. Статус бюджетного учреждения губителен для РАН, он уже загубил университеты, где расплодилось бюрократия, и нужно с этим бороться, потому что сама система не оставляет пространства для изменений внутри академии. Бюрократизация ярко проявляется в руководстве деятельностью академических журналов. По словам академика Кашина, он не раз выступал по этому поводу, и было принято решение привлечь его к решению проблемы журналов, с тем чтобы изменить их крайне тяжёлое положение. Однако никаких реальных шагов предпринято не было. Необходимо анализировать деятельность в том числе и руководителей академии, чтобы потом не было стыдно за результаты. Нужно больше внимания уделять внутриакадемическим проблемам, заключил Б.С. Кашин.

Несколько иную позицию занял академик РАН **Б.Н. Четверушкин**. Обратив внимание на то, что страна сейчас находится в очень трудном геополитическом положении, которое осложняется пандемией, он заметил, что в подобных обстоятельствах происходит мобилизация всех средств. Поэтому, считает Четверушкин, Академия наук должна выступить с заявлением, что она готова взять на себя ответственность за интеллектуальную мобилизацию в стране, и это, по его мнению, повлечёт за собой изменение в самом отношении к академии вплоть до возвращения ей институтов.

Поблагодарив участников дискуссии за острые выступления, президент РАН академик **А.М. Сергеев** высказал свою точку зрения относительно поднятых вопросов. Он согласился с тем, что финансирование образования, здравоохранения, науки и культуры составляет у нас существенно меньшую долю ВВП, чем в странах, с которыми мы хотим конкурировать в области научно-технического прогресса, и напомнил, что в 1996 г., когда принимался закон о науке, была определена цифра 4% ВВП. В самом начале нулевых годов в закон внесли поправки, и этот показатель из текста исчез. Позднее предлагалось и принималось несколько стратегий научно-технического развития, в соответствии с которыми расходы на науку должны были увеличиться, но они не выполнялись. В 2012 г., например, был подписан известный указ Президента РФ, по которому к 2018 г. финансирование науки должно было достичь 1.77% ВВП. Но и этот указ не удалось выполнить.

Не может не удручать, подчеркнул А.М. Сергеев, что ставятся цели, определяются планы, принимаются указы, но тот факт, что они не реализуются, не подвергается анализу со стороны структур, руководящих наукой. Поэтому президент РАН поддержал предложение академика М.В. Угрюмова провести анализ причин сложившейся ситуации, но, по его мнению, заниматься этим должна не внутриакадемическая комиссия — помимо членов академии, нужно привлекать к этой работе депутатов Государственной думы и Совета Федерации, сотрудников заинтересованных ведомств. Сами по себе показатели свидетельствуют, что многое надо менять. Скажем, ресурсное обеспечение одного рабочего места в стране, даже по паритету покупательной способности, раза в три-четыре меньше, чем в тех странах, за которыми нам надо почему-то гнаться. Но без ресурсного обеспечения это невозможно. А если считать не по ППС, то наше отставание ещё заметнее: мы отстаём от передовых экономик в 10 раз. Вызывает нарекания и принятая Минобрнауки России система оценки научной деятельности. Чиновники, пытаясь упростить себе жизнь, предлагают формулы расчёта результатов, которые учёным представляются неприемлемыми. Поэтому, считает Сергеев, предложение академика Угрюмова заслуживает внимания.

А.М. Сергеев заявил, что он неизменно придерживается точки зрения о необходимости добиваться понимания и принятия позиции РАН властными структурами, прежде всего в вопросах ресурсного обеспечения науки. Это главное. Поэтому нужно проанализировать, почему не реализуются принятые стратегии и указы, проанализировать динамику расходов на науку, публикационную активность, которая растёт в цифрах, но за счёт снижения качества публикаций. Ещё одна

проблема — оценка работы институтов. Хотелось бы практиковать совместные с Минобрнауки поездки в институты, как было раньше, — раз в пять лет или чаще академические комиссии посещали институты и анализировали реальные цифры. Но сейчас министерство выпустило распоряжение о таких комиссиях, однако Российская академия наук не приглашается к участию в них в качестве равноправного партнёра, просят только рекомендовать в комиссию конкретных учёных.

Согласившись с прозвучавшими в выступлениях критическими замечаниями, А.М. Сергеев в то же время призвал коллег отказаться от политизации оценок, предостерёг от политического противостояния, в котором Академию наук пытаются обвинить некоторые средства массовой информации. Да, должен быть критический анализ ситуации, должна быть проведена инвентаризация, но главное — нужен конструктив, о котором говорил академик Четверушкин, нужно показать, что РАН готова взять на себя ответственность за интеллектуальную мобилизацию страны в это сложное время.

Что касается более конкретных вопросов, скажем, об аспирантуре, то академия постоянно ими занимается, заявил Сергеев. Эти проблемы обсуждаются с представителями разных ветвей власти, с руководителями страны. Необходимо и дальше выстраивать с ними деловые отношения. Например, заместитель председателя Правительства РФ Д.Н. Чернышенко нацелен на конструктивное взаимодействие с академией и оказание ей помощи.

Слияние РФФИ и РНФ — фактически ликвидация РФФИ, болезненно воспринятая академическим сообществом, многократно обсуждалась президиумом РАН, против такой реорганизации выступило большинство отделений академии. Но вопрос уже решён, причём без участия РАН, которую даже не информировали о планах в отношении фонда. Единственный документ, который был прислан Минобрнауки, — это план реструктуризации РФФИ с целью превратить его в некую статистическую организацию. РАН ответила на это несогласием, но мнение Российской академии наук не было учтено. По словам Сергеева, в ситуации, когда непопулярное решение уже принято, следует согласиться с предложением академика Рубакова добиться участия Российской академии наук в процессе передачи полномочий РФФИ РНФ. Имеются в виду не финансовые полномочия, а сохранение ряда уникальных конкурсов, крайне важных для научного сообщества, в первую очередь по инициативным, региональным и международным проектам.

Упомянув выступление А.А. Андропова, который говорил о повышении надёжности и быстроедействия тестов на ковид благодаря ис-

пользованию явления гигантского комбинационного рассеивания на наноструктурированных металлических подложках, президент РАН обратился к руководству Отделения нанотехнологий и информационных технологий, Отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления и Сибирского отделения РАН, чтобы они обосновали обращение в Минобрнауки РФ с просьбой выделить дополнительные средства на реализацию этой технологии.

Взявший слово академик РАН **В.Е. Захаров** вновь напомнил о ситуации с Российским фондом фундаментальных исследований. Он признал, что предпринимать какие-то шаги уже поздно, но считает, что Академия наук обязана высказать своё мнение по этому поводу, и оно остаётся неизменным вне зависимости от того, какое решение принято. Напомнив об 1% ВВП, который выделяется на науку, Захаров задался вопросом, какая доля от этого процента доходит до Академии наук. И сам же ответил — 0.16%. В последнее время в прессе появились статьи, в которых говорится, что бюджет Курчатовского института в несколько раз больше, чем бюджет РАН. Академик, кроме того, предложил обобщить в хронологическом порядке все заявления руководства страны об увеличении расходов на науку и опубликовать эти данные, чтобы зафиксировать, что обещания не выполнены. От нас требуют, сказал он, чтобы наука в стране соответствовала мировому уровню, но без вложений эта цель недостижима.

Отвечая, А.М. Сергеев напомнил, что по закону о Российской академии наук РАН ежегодно направляет Президенту страны доклад, в котором содержатся данные о финансировании науки в целом и Академии наук в частности, а в заключительной части приводятся обращения к руководству страны, просьбы и призывы относительно финансирования фундаментальной науки. Не следует думать, что об этой проблеме власти не знают.

Затем к участникам собрания вновь обратился академик Р.И. Нигматулин. Он настаивал на том, что Академия наук должна занимать твёрдую позицию, иначе РАН постепенно потеряет свою значимость в обществе. Давать оценки по крупным проблемам — не только право, но обязанность академии. Лишь в этом случае с ней будут считаться. Да, положение может быть тяжёлым, но подготовку своей смены, образование, здравоохранение, науку, социально-экономическую стратегию страны нельзя отдавать на откуп чиновникам. То, что они делают в области экономики, не оставляет нам никаких шансов на рост и процветание. Действовать, считает Нигматулин, нужно с позиции интеллектуальной силы, опирающейся на мнение всего научного сообщества. А

научное сообщество призвано вырабатывать свою точку зрения по всем острым вопросам современности, ведь речь идёт о судьбе Отечества.

Тему взаимодействия науки и власти продолжил академик М.В. Угрюмов. По его мнению, профессиональные экономисты, социологи, специалисты ВПК не могут оставаться вне политики, хотя бы в какой-то степени. Ведь если принять эту точку зрения, получится, что одни подсознательно устраняются от конфликтных ситуаций, а другие приобретают возможность принятия волюнтаристских решений. Так быть не должно. Мы всё более замыкаемся в своей стране, чем дальше, тем больше, к сожалению, не видя того опыта, который накапливается в международном сообществе. Можно привести в пример США, где есть много достойного подражания. Например, при президенте Обаме в его администрацию входили пять нобелевских лауреатов, у каждого министра было по несколько советников-академиков. То есть представители науки, в первую очередь социальной, не могут быть в стороне от политики. Они гораздо глубже, чем администраторы разного уровня, понимают ход исторических и экономических процессов, а потому должны предлагать сценарии, которые политики будут продвигать, используя мандат, полученный от народа, утверждает Угрюмов. Должен сложиться симбиоз власти и Академии наук. Тогда действия властей не будут носить волюнтаристский характер.

Упомянув выступление академика Нигматулина, академик РАН **А.О. Глико** не согласился с ним в том, что члены академии никак не реагируют на происходящее в стране. Вопрос не только в том, чтобы это констатировать, нужно убедительно сказать, что нужно делать. Правда, не всегда ясно, кто может преподнести идею так, чтобы она была реализована. История учит: выдвигаемые предложения и возможности их реализации совпадают, когда есть более или менее сильные общественно-политические движения. А у нас их нет. По мнению Глико, президент РАН в сложившихся обстоятельствах делает всё возможное, использует все имеющиеся в его распоряжении ресурсы.

Что касается непосредственно науки, то А.О. Глико волнует судьба академических институтов, которые остались, что называется, без призора. Раньше в Отделение наук о Земле входило 76 институтов, и академик-секретарь лично знал не только всех директоров, но и подавляющую часть их заместителей. Сейчас это уже не так. С одной стороны, влияние отделений ослабло, а в Минобрнауки нет компетентных специалистов. С другой стороны, в нынешних условиях академия не готова вновь принять под своё крыло институты, считает Глико. Нужна огромная подго-

товительная работа, ведь раньше в аппарате президиума и отделений работали другие люди, которые были способны осуществлять управление институтами, сейчас их нет. По мнению Глико, и внутренняя работа президиума РАН поставлена не очень хорошо, что показала неудовлетворительная организация экспертной деятельности, сегодня входящей в круг основных задач академии.

Последнее заявление насторожило президента РАН, который обратился к вице-президенту РАН А.В. Адрианову с просьбой разъяснить ситуацию.

Академик РАН **А.В. Адрианов**, который отвечает за организацию экспертизы, возразил академику Глико. Он считает, что сейчас экспертная работа гораздо более структурирована, чем это было на начальном этапе. От отделений были запрошены списки экспертов, Управление научно-методического руководства и экспертной деятельности РАН связалось с этими экспертами, и сейчас более 1200 человек, в том числе рекомендованных Отделением наук о Земле, принимаются на работу. В управлении за каждым отделением закреплены конкретные люди, а в отделениях есть сотрудники, отвечающие за экспертизу. Еженедельно проходят собрания, на которые приглашаются представители всех отделений.

Надо иметь в виду, заметил Адрианов, что в академии огромное количество экспертов — более 8000 по всем реестрам, поскольку отделения формируют свои списки с запасом. Из них отбираются наиболее квалифицированные специалисты, и к экспертизе допускаются только те эксперты, которые зачислены в штат.

Далее слово было предоставлено академику РАН **В.Я. Панченко**, который внёс ясность в вопрос о соглашении, подписанном министром науки и высшего образования В.Н. Фальковым и руководством РФФИ. В бюджете на 2021 г. финансирование фонда сохранено. Вопрос в том, считает Панченко, как эти средства будут перераспределяться в дальнейшем. Сейчас ряду министерств, в том числе Минобрнауки и Минэкономразвития, поручено подготовить программу видоизменения 40 институтов развития, в число которых входят Российский фонд фундаментальных исследований и Российский научный фонд. Совет РФФИ, как и большинство членов академии, считает самым главным сохранить все лучшие практики, которые были выработаны фондом.

В Минобрнауки России представлено полное описание и статус всех программ РФФИ под названием “Общие подходы к объединению Российского научного фонда и Российского фонда фундаментальных исследований”. Это некое соглашение — ещё предстоит его обсуждение в Минэкономразвития, которое играет определяю-

щую роль в подготовке доклада в Правительство и доклада премьер-министру страны. Самое большое внимание уделялось конкурсу “Фундаментальные научные исследования по восьми областям знаний” (конкурс “а”). Определено, что поддержка фундаментальных научных исследований будет продолжена за счёт расширения конкурсной деятельности новой структуры по приоритетному направлению. Будут увеличены как сумма грантов по этому направлению, так и число победителей в борьбе за гранты, заявил Панченко.

Предварительная договорённость предполагает широкую поддержку различных региональных конкурсов — внутрирегиональных, межрегиональных, региональных с участием иностранных партнёров и местных бизнес-структур, а также молодёжных конкурсов. Особое внимание к региональным конкурсам объясняется необходимостью более равномерного распределения интеллектуальных ресурсов по территории нашей страны.

В подписанном соглашении нашли отражение все основные конкурсы. Конечно, какие-то изменения возможны и даже необходимы, особенно это касается требований при подаче заявок — они не безупречны. В частности, речь может идти о требовании к заявителям по поводу наличия у них публикаций в журналах первого и второго квартилей — от него можно отказаться. По мнению Панченко, нужно разрабатывать свои наукометрические индексы, оказывать активнейшую поддержку развитию отечественных журналов, которые выходят на русском языке.

В.Я. Панченко объяснил, какими доводами он руководствовался, подписывая соглашение. Главный из них — сохранить финансирование фундаментальных исследований. Критика без конструктива этого сделать не позволит. Именно конструктивный подход к формированию программы деятельности будущего фонда, как бы он ни назывался, с сохранением колоссального опыта, наработанного за 30 лет существования РФФИ, — вот что важно. Ведь фонд получил мировое признание, с ним на паритетных основах сотрудничают 60 стран. Все эти достижения, считает Панченко, следует положить в основу новой организации, которая сейчас формируется.

Поблагодарив В.Я. Панченко за выступление, А.М. Сергеев выразил мнение, что в решении Общего собрания РАН всё-таки должно быть зафиксировано несогласие с тем, что такие крупные инициативы предпринимаются не только без согласования с Российской академией наук, но даже без её информирования. Президента РАН поддержал академик РАН **В.В. Дмитриев**, с точки зрения которого решение о ликвидации РФФИ — серьёзная ошибка.

Президент РАН вновь поднял вопрос о состоянии науки в стране. По его словам, нужно сформировать площадку, на которой можно было бы провести оценку развития науки в последние годы, а затем предложить от имени Общего собрания членов Российской академии наук различные сценарии выхода из кризиса. Речь идёт и о деятельности Российской академии наук в дореформенное и пореформенное время, и о финансировании исследований, и об оценке реализуемой научно-технической стратегии — почему она не работает, почему не выполняются указы Президента, касающиеся науки. Это необходимо понять, чтобы выработать солидарную позицию академии. А.М. Сергеев ещё раз подчеркнул, что академия готова взяться за интеллектуальную мобилизацию страны. Но чтобы это сделать, следует опираться на более широкую базу, чем только академическое сообщество. Надо привлечь к этой работе и Государственную думу, и Совет Федерации, и Совет безопасности, и Минобрнауки. Именно поэтому возникло предложение создать межведомственную комиссию.

Эту мысль поддержал академик РАН **С.Н. Багаев**, который тоже полагает, что следует создать некий межведомственный орган, чтобы осуществить анализ ситуации, определить её причины и сформулировать предложения по преодолению кризиса.

Академик РАН **Ю.Ю. Балега** считает нужным обсудить на весеннем Общем собрании РАН в качестве главного вопрос об итогах реформы российской науки за почти восемь пореформенных лет с приглашением представителей Минобрнауки и других ведомств и организаций. Надо по-

нять, что происходило, кто принимал те или иные решения, ведь в 2013 г. причины реформирования РАН названы не были. Нельзя же всерьёз принять объяснение, что целью было освободить учёных от хозяйственной деятельности: на практике теперь они занимаются хозяйственными вопросами ещё в большем объёме, чем до реформы. Должны быть указаны чёткие причины: то ли РАН деградировала, пришла в упадок, то ли именно она привела к краху науки в стране — до сих пор остаётся неясным, зачем понадобилось разрушать академию.

Вызывают недоумение и последние инициативы Минобрнауки. Ю.Ю. Балега имеет в виду Программу стратегического академического лидерства (ПСАЛ). Возникает вопрос, кто автор этого проекта, почему Российская академия наук на стадии подготовки не приглашалась для его обсуждения. Академическое сообщество ставит перед фактом: вот вам ПСАЛ, прошу любить и жаловать. Подобные проекты должны быть результатом рассмотрения комиссии, а затем Общего собрания РАН.

Закрывая заседание, президент РАН А.М. Сергеев выразил признательность всем членам Российской академии наук за успешное проведение Общего собрания, высказал благодарность в адрес академика В.Г. Бондура, который после кончины академика В.Е. Фортова отвечал за организацию Научной сессии, посвящённой 75-летию атомной отрасли.

На этом Общее собрание членов Российской академии наук завершило свою работу.

КОНСТИТУЦИОННАЯ СОРАЗМЕРНОСТЬ В ПОСТНЕКЛАССИЧЕСКОЙ НАУЧНОЙ ПАРАДИГМЕ И СОВРЕМЕННОЙ ПРАКТИКЕ

© 2021 г. Д. А. Пашенцев

*Институт законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации,
Москва, Россия*

E-mail: dp-70@mail.ru

Поступила в редакцию 05.03.2021 г.

После доработки 12.03.2021 г.

Принята к публикации 12.04.2021 г.

В статье на основе методологии современной постнеклассической юриспруденции раскрывается понятие соразмерности в конституционном праве. Конституционная соразмерность рассматривается во взаимосвязи с конституционной идентичностью и справедливостью, трактуется как основа правовой коэволюции. Отмечается, что соразмерность, наполненная нравственным содержанием, предполагает нахождение баланса между универсальными принципами и национальными ценностями, правами коллектива и правами личности, едиными конституционными стандартами и государственным суверенитетом. Применительно к конституционному праву содержанием принципа соразмерности выступают конституционные ценности в их практическом воплощении. При этом соразмерность предполагает нахождение баланса между национальными и универсальными ценностями как условие гармоничного развития правовой системы. Универсальные ценности и иностранные нормы могут получить право на существование в российской правовой системе, если успешно пройдут конституционный фильтр, будут признаны не противоречащими российской Конституции и её базовым положениям. Поэтому предстоит выстроить эффективную систему оценки иностранных норм, решений и подходов, которая будет основана на необходимости сохранения национальной идентичности.

Ключевые слова: конституционная соразмерность, конституция, справедливость, конституционная идентичность, конституционные ценности, правовая традиция.

DOI: 10.31857/S0869587321370015

СОРАЗМЕРНОСТЬ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ ГЛОБАЛЬНЫХ ВЫЗОВОВ

Масштабные изменения, которые происходят в общественных отношениях, не только меняют модели правового регулирования, но и неизбеж-



ПАШЕНЦЕВ Дмитрий Алексеевич — доктор юридических наук, профессор, заведующий отделом теории права и междисциплинарных исследований законодательства ИЗИСП при Правительстве РФ.

но заставляют анализировать и пересматривать уже устоявшиеся понятия и теоретико-правовые конструкции. Ситуация фазового перехода, связанная со сменой технологического уклада и обусловленной им моделью общественных отношений, может не только изменить ряд основных параметров существующего права, но и повлиять на саму роль права в обществе. В этих условиях правоведов всё больше интересуют базовые, стержневые понятия и принципы, которые составляют основу правового регулирования и определяют природу права как уникального феномена.

Понятие соразмерности не относится к числу привлекающих достаточное внимание отечественных учёных-правоведов. Как правило, его употребляют в гражданском праве, когда речь идёт об ответственности за неисполнение обязательств, о неустойке и размере компенсации [1].

Но сегодня соразмерность может стать одним из принципов, на базе которого будет происходить развитие публичного права, в том числе конституционного.

Как полагал один из крупнейших правоведов XX в. Ганс Кельзен, именно конституция выступает в роли главной нормы, лежащей в основании всей правовой системы, из которой логическим путём выводятся остальные нормы, формирующие отрасли права [2]. Поэтому на фундаменте конституционной соразмерности этот принцип может быть успешно реализован и в других отраслях права, выступая основой современного правового порядка.

Вызовы современного мира лежат в русле диалектического противоречия между набирающими силу противоположными тенденциями — глобализацией и регионализацией; модернизацией и традиционализмом; универсализмом и сохранением национальных ценностей.

Борьба противоположностей характерна и для развития права, в котором обостряются противоречия между публично-правовым и частноправовым регулированием, императивным и диспозитивным методами, общими принципами и конкретными нормами, законодательством и практикой его применения. В рамках этих противоречий глобального характера появляется много более узких и частных вопросов, нередко имеющих принципиальное значение для развития отечественной правовой системы. Вопрос о соотношении конституционной идентичности и универсальных ценностей, который сегодня приобретает не только правовой, но и политический характер, — один из них. Его решение осложняется отсутствием единого доктринального понимания сущности и природы конституционных ценностей, а также различными подходами к наполнению этого понятия — от сугубо правовых принципов до включения в их состав общечеловеческих моральных ориентиров [3, с. 404].

Вопрос о соотношении национального и универсального в культуре и ценностях современного общества выходит далеко за рамки конституционного права и правовой сферы в целом. Его решение детерминировано геополитической и социально-экономической ситуацией, происходящими в мире процессами и современными глобальными вызовами. Именно от этого вопроса в значительной степени зависит государственный суверенитет России, его понимание и практическая реализация как внутри страны, так и на международной арене. Осознание этой истины привело к тому, что среди принятых в 2020 г. поправок к Конституции РФ одно из центральных мест занимает изменение, связанное с соотношением норм российского Основного закона и решений межгосударственных органов. Включение в Кон-

ституцию нормы о том, что решения межгосударственных органов, принятые на основании положений международных договоров Российской Федерации в их истолковании, противоречащем Конституции РФ, не подлежат исполнению в нашей стране, направлено на сохранение и защиту конституционной идентичности. Эта норма закрепила, что Конституция России как суверенного государства является основой национального правового порядка, и даже международный договор не может изменять положения Основного закона, служащего правовой формой самостоятельного исторического развития народов России. Учитывая аксиологическое содержание обновлённой Конституции и его соответствие исторически сложившимся в нашей стране ценностным стандартам, защита конституционных норм становится фактором сохранения национальной идентичности.

Конституционную идентичность представляется логичным рассматривать как соответствие принципов и норм действующей Конституции в их практической реализации национальным правовым традициям и национальным правовым ценностям. Именно в таком ключе трактует конституционную идентичность председатель Конституционного суда РФ В.Д. Зорькин, который отмечает, что проблема национальной идентичности возникла в связи с процессом глобализации. По его мнению, “конституционная идентичность выкристаллизовывается каждым государством из своего уникального индивидуального опыта... представляет собой совокупность убеждений и идей из исторического прошлого каждой страны, которые заново переосмысливаются в каждую новую эпоху” [4, с. 12].

Конституционная идентичность неразрывно связана со стабильностью Основного закона, под которой понимается сохранение базовых конституционных принципов и ценностей [5]. Особое значение она приобретает в условиях современного общества, когда под воздействием цифровых технологий происходящие в мире перемены ставят под вопрос даже идентичность отдельной личности [6].

Вызовы цифровизации заставляют государства реагировать, принимая новые правовые нормы, усиливая контроль и увеличивая правоохранительную систему. Задача преодоления нарастающей межнациональной, межэтнической и межрелигиозной конфронтации, ставшей следствием глобальной турбулентности и неоднородности социального развития, стимулирует большую, чем прежде, регламентацию жизни людей, в то время как новые технологии представляют для этого необходимые средства. Данный процесс, направленный на становление толерантного и бесконфликтного общества, приводит к подмене

национальных культур единой цивилизацией, “экзистенции личностей — правосубъектностью граждан, что означает фактический конец духовных, собственно межкультурных отношений” [7, с. 77]. Усреднённое увеличение прав и свобод абстрактного гражданина означает одновременное сокращение прав и свобод отдельной конкретной личности, у которой существенно ограничивается горизонт возможностей.

Вопрос о соотношении конституционной идентичности и универсальных ценностей находится в фокусе конституционного права, но основания для его решения лежат вне обозначенных рамок. Более того, эти основания имеют три базовых составляющих — философско-аксиологическую, глобально-мировоззренческую и теоретико-правовую. Анализ составляющих в их практическом преломлении предполагает содержательный ответ на вопрос, как понимаются сегодня принцип соразмерности и его место в системе принципов права, которые в свою очередь трансформируются под воздействием новой реальности, соответствующей обществу постмодерна и постнеклассической научной рациональности. Важно определить, с каких позиций трактуются значение и соотношение универсальных и национальных ценностей, их динамика в условиях глобальной турбулентности, столкновения либеральных и консервативных тенденций.

С современной политико-правовой практикой непосредственно связан вопрос определения критериев, на основе которых устанавливаются пределы вмешательства наднациональных структур в развитие национальной политико-правовой системы. Стоит согласиться, что стремление выполнять международные обязательства государства не должно входить в противоречие с суверенной волей народа, которая выражается в нормах конституции [8].

Вопрос о сохранении конституционной соразмерности неразрывно связан с рядом противоречий, порождённых происходящими в современном мире разновекторными процессами, — глобализацией и регионализацией, универсальными и традиционными национальными ценностями, международным и внутренним правом.

Из названных противоречий лишь третье находится непосредственно в правовой плоскости и может быть решено юридическими средствами. В то же время направления и варианты его решения во многом определяются факторами, лежащими вне сферы права. Теория права, как справедливо отмечал Р. Познер, имеет свои рубежи, но решение вопросов, связанных с правовой теорией, можно и нужно осуществлять с помощью выхода за эти границы, за счёт привлечения средств и достижений иных сфер научного знания и жизненной рациональности [9]. Противоречие

между национальным и международным правом должно разрешаться с учётом многоплановости действующих в этой сфере как правовых, так и политических факторов. Необходимость учёта политической составляющей в вопросе соотношения международного и национального права определяется тем, что при любом варианте ответа на него возникают не только правовые, но и политические последствия, причём весьма серьёзные. В то же время одним из критериев его разрешения может выступать конституционная соразмерность, понимаемая в контексте истории и сущности конституционализма.

КОНСТИТУЦИОНАЛИЗМ В КОНТЕКСТЕ СОВРЕМЕННОЙ ЮРИДИЧЕСКОЙ НАУКИ

Научный поиск ответов на вызовы современной реальности лежит в плоскости постнеклассической научной методологии, о которой убедительно писал академик В.С. Стёпин [10]. Научная методология постнеклассического этапа развития основана на новых методологических принципах познания, более адекватных происходящим в мире сложным процессам и успешно дополняющих принципы классической науки.

Постнеклассическая юриспруденция вводит в познание права субъективные и иррациональные начала, элементы неопределённости и контекстуальности [11]. Современная юридическая наука говорит о сконструированном характере правовой реальности: учёные полагают, что правовая среда создаётся повседневными действиями субъекта права, который воплощает в жизнь правовые нормы [12, с. 105]. При таком подходе познание права неотделимо от познания субъекта права, его менталитета, влияющих на него социальных и иных факторов.

Важнейшую роль в конструировании правовой реальности играют такие факторы, как система базовых правовых ценностей, устанавливаемых и поддерживаемых государством и обществом; существующая национальная правовая традиция с присущими ей специфическими правовыми механизмами; национальный менталитет и национальное правосознание. Эти явления и составляют основу конституционной идентичности. Стоит напомнить о неразрывной связи системы национальных ценностей и правовой традиции, о чём писал ещё Г.Дж. Берман. В его представлении именно процесс сознательной передачи от одного поколения к другому правовых ценностей и институтов и формирует правовую традицию [13, с. 19]. Соответственно, национальная конституционная традиция складывается на основе конституционных ценностей, которые должны быть созвучны национальному менталитету.

Возможно выстраивание правовой реальности на основе альтернативных принципов и универсальных ценностей. Но в этом случае неминуемо возникает противоречие между универсальными и традиционными характеристиками права, универсальными и национальными ценностями. Данное противоречие можно отнести к числу диалектических, служащих фактором развития правовой системы. Универсальные и национальные ценности находятся в состоянии непрерывного взаимодействия и взаимообогащения. В то же время следует учитывать, что ценности, выдаваемые в современном мире за универсальные, зачастую таковыми не являются и нередко отражают именно нравственные и юридические императивы западной цивилизации. Их внедрение в мировом масштабе порой связано с последовательным отказом от национальных и местных интересов, норм и традиций, что не всегда позитивно сказывается на общественном развитии.

Возникновение российского конституционализма стало результатом сложного синтеза зарубежных конституционных идей с национальными традициями народовластия. Принцип демократии сопровождал “Русское государство с самых первых шагов его самостоятельного существования, исторически был приоритетным, ибо опирался на своеобразный механизм построения государства — территориально-земельный, соборный, а не индивидуально-вассальный, как это имело место в феодальных государствах Западной Европы” [14, с. 111]. Соединившись с национальными традициями соборности и земского устройства государства, идеи конституционализма приобрели позитивный вектор развития. К слову, на Западе идеология конституционализма первоначально имела разрушительную направленность, её создание преследовало выраженную практическую цель — свержение абсолютной монархии в Западной Европе и ликвидацию английского колониального господства в Северной Америке. Сегодня универсальные ценности конституционализма в его либеральном варианте в ряде случаев могут сохранять деструктивную роль, инициируя трансформацию правовых систем в сторону единых стандартов, далеко не всегда соответствующих национальным правовым традициям и национальному правосознанию. В то же время российский конституционализм, сохраняя присущие западной конституционно-правовой мысли ценности и институты, придал им новые импульсы, направленные на развитие тех достижений демократии и прав человека, которые были накоплены в рамках мировой культуры и стали её важным достоянием.

Поправки, внесённые в текст Основного закона в 2020 г., отразили современный опыт применения Конституции и были направлены в числе прочего на дальнейшее развитие её ценностного

потенциала, эволюцию России как социального и правового государства. Обновлённая Конституция чётко закрепила такие приоритеты аксиологического характера, как поддержка семьи, материнства, отцовства и детства, защита института брака как союза мужчины и женщины, защита достоинства граждан и уважение человека труда. Получил конкретные конституционные гарантии реализации принцип социального государства, который без этого не мог в полной мере проявить свой социообразующий потенциал. Таким образом, в результате конституционной реформы 2020 г. ценностный каталог Конституции был существенно расширен, в нём получили более полное отражение духовные традиции и идеалы российского общества [3, с. 408].

Ценности, закреплённые в тексте Конституции Российской Федерации 1993 г. и конкретизированные поправками 2020 г., в существенной мере соответствуют национальному менталитету народов России, их представлению о справедливости, способствуют укреплению взаимосвязи между конституционным законодательством и духовной культурой общества. Это важный фактор укрепления доверия к власти как основы её легитимности. Легитимация в обществе “формируется естественным путём — принятием населением той инновации, которая вырабатывается правящей элитой и референтной группой” [15, с. 9]. Включение в текст Конституции конкретных гарантий реализации норм, соответствующих разделяемому большинством общества ценностям, способствует повышению легитимности власти как важного фактора государственной устойчивости, а также ориентировано на достижение более высокого уровня конституционной соразмерности.

Проблема доверия, всегда в той или иной мере существующая во взаимоотношениях государства и общества, успешно решается через аксиологические инновации в конституционном праве. Доверие в обществе передаётся через символические системы и институты, среди которых заметное место занимает законодательство, выступающее “символической системой, генерирующей доверие” [16, с. 281]. Но выполнять эту функцию оно может при одном условии — правовые нормы должны в существенной степени соответствовать представлению населения страны о справедливости, нравственности, гуманизме; они должны соответствовать присущей данному обществу системе ценностей.

Система ценностей, закреплённых российской Конституцией, выступает прочным основанием для развития правовой системы страны и может рассматриваться как один из фильтров, через которые должны проходить все новые заимствования зарубежного права. Постепенно

становится аксиомой положение о том, что ни один зарубежный правовой институт, который противоречит нормам или духу российской Конституции, не может быть имплементирован в отечественную правовую систему.

Масштабные заимствования зарубежного юридического опыта всегда были характерны для российской правовой традиции. Скажем, в Российской империи полностью и дословно заимствовано вексельное законодательство (Вексельный устав 1729 г.). Ранее заимствования активно использовались при создании Соборного Уложения 1649 г. Имеются и другие, весьма многочисленные примеры [17]. Но, признавая значимость, а в некоторых случаях и полезность восприятия и имплементации отдельных институтов иностранного права, а также норм международного права, необходимо учитывать возможные противоречия между их аксиологическим содержанием и отечественными юридическими ценностями.

Не стоит забывать, что многие ценности, которые сегодня преподносятся как универсальные, изначально не были таковыми. Как и любой социально-правовой конструкт, они возникли в результате первоначального произвола, который затем в результате социальной амнезии был воспринят как следствие закономерного развития [18]. Большинство ценностей в праве, именуемых сегодня универсальными, изначально имели такой же партикулярный характер, как и традиционные ценности, которые сторонники универсализма объявляют устаревшими и не соответствующими текущему этапу мирового развития. В конечном итоге любые ценности неоднозначны, они неизбежно порождают конфликт интерпретаций [19, с. 17].

Ещё недавно казалось, что развитие современного мира всецело определяется процессом глобализации, породившим тенденцию универсализации права на основе универсализма ценностей. Сегодня проявился и противоположный тренд: наряду с глобализацией активизируется процесс регионализации, который связан с продвижением и отстаиванием традиционных ценностей, определяющих своеобразие каждой национальной правовой системы. В условиях пандемии коронавируса мир показал стремление к изоляции, географической замкнутости, отказу от ряда казавшихся незыблемыми либеральных свобод. Это обостряет вопрос о поиске соразмерности в конституционном праве, которое развивается, с одной стороны, на основе имеющейся конституционно-правовой традиции, с другой стороны, под давлением универсальных ценностных ориентиров, непосредственно влияющих на решения международных судов.

Решая вопрос о конституционной соразмерности, следует учитывать, что в условиях цифро-

визации возникает тенденция к эволюции структурно-содержательных характеристик конституции. Деятельность субъектов по реализации правовых норм происходит в многомерном социальном пространстве, которое построено «по принципам дифференциации и распределения, сформированным совокупностью действующих свойств в рассматриваемом социальном универсуме» [20, с. 15]. Многомерность социального пространства в цифровом обществе многократно усиливается, дополняется его многослойностью и экспоненциально усиливающейся многозадачностью социальных взаимодействий. Четвёртая промышленная революция «ведёт к слиянию технологий и размыванию граней между физическими, цифровыми и биологическими сферами» [8, с. 66]. Такие процессы, происходящие в формирующемся цифровом обществе, требуют от Основного закона большей гибкости, способности своевременно и адекватно реагировать на быстро меняющуюся и усложняющуюся структуру социальных отношений. Существуют прогнозы появления в цифровой среде актуальной версии конституции, построенной по принципу базы знаний с сохранением базового ядра в виде непосредственно конституционного текста как основы правового регулирования общественных отношений. Такая версия, помимо собственно текста Основного закона, может включать толкования Конституционного суда, которые содержатся в его постановлениях и определениях, доктринальные позиции учёных, общепризнанные принципы и нормы международного права, правоинтерпретационные акты международных органов и организаций [21]. Всё это расширяет пространство действия принципа конституционной соразмерности, повышает его значение.

Совершенствование правовых гарантий реализации конституционных норм в условиях цифровизации представляется важным шагом на пути коэволюции, дающей возможность сохранения национально-юридической идентичности при существующем риске конвергентного слияния наций и правовых систем в единый цифроцентричный технос. Коэволюция означает несводимость множества национальных правовых традиций к одному общему знаменателю, объединение в разнообразии. Идея коэволюции предполагает совместное развитие систем при сохранении их качественного своеобразия [7, с. 31], что относится и к правовым системам.

Цифровизация как один из доминирующих по влиянию на развитие социума процессов имеет ещё одну грань, важную для рассматриваемого вопроса. В цифровом социуме закономерно появляются такие группы общественных отношений, которые не могут быть эффективно урегулированы только в рамках национального законодательства. Следовательно, роль международных

регуляторов правового характера неизбежно повышается, что противоречит ряду трендов мирового развития. Этот факт ещё больше обостряет вопрос о необходимости поиска соразмерности между национальным и международным правом.

КОНТЕКСТУАЛЬНОСТЬ СОРАЗМЕРНОСТИ

Соразмерность неразрывно связана со справедливостью, выступает её проявлением в праве. Взаимосвязь соразмерности и справедливости выражается через идентичность, которая играет важную роль в конструировании легитимности юридических норм и институтов.

Справедливость как правовой феномен в её классическом понимании фактически представляет собой соответствие между деянием и воздаянием, трудом и вознаграждением, виной и ответственностью [22, с. 68]. При таком подходе соответствие, которое лежит в основе справедливости, выступает основой для соразмерности.

Как и справедливость, соразмерность контекстуальна, её критерии и границы подвижны. Фактически в сфере права постоянно решаются задачи, связанные с установлением соразмерности в конкретных случаях. Значимым институтом, который позволяет решать эти задачи и отыскивать соразмерность как необходимый в каждом конкретном случае баланс, выступает суд. В условиях, когда наблюдаются усложнение общественных отношений, небывалая ранее многовекторность их развития, роль судебных органов закономерно возрастает. В ряде случаев именно в решении суда содержится тот баланс должного и сущего, который составляет правовое содержание соразмерности.

Принцип соразмерности — общеправовой и в этом качестве проявляется во всех отраслях права. Например, он имеет большое значение при вынесении приговора по уголовным преступлениям, когда наказание должно быть соразмерно совершённому деянию. В истории это ярко отражалось в законах Вавилонского царя Хаммурапи, в которых наказание устанавливалось по принципу талиона — око за око и зуб за зуб. В гражданском праве соразмерность важна, например, при определении размера неустойки. В международном праве о соразмерности говорят, когда рассуждают о репрессалиях и реторсиях. Фактически во всех перечисленных случаях вопрос соразмерности возникает, если речь идёт о тех или иных санкциях. В конституционном праве это понятие часто употребляется в связи с проблемой ограничения конституционных прав граждан, например избирательных.

В целом можно сказать, что соразмерность в публичном и частном праве играет различную

роль. Если в частном праве задача принципа соразмерности состоит в том, чтобы обеспечить баланс интересов в социальном пространстве и реализацию субъективных прав, то в публичном праве главная цель достижения соразмерности гораздо выше — защита основ конституционного строя и государственного суверенитета, сохранение конституционной идентичности.

В западных правовых порядках уже выработан определённый алгоритм, который позволяет судам, в первую очередь конституционным, применять принцип соразмерности при вынесении постановлений. Но анализ этого алгоритма показывает, что его использование фактически подменяет соразмерность пропорциональностью, а это далеко не одно и то же. Пропорциональность в основном связана с количественными характеристиками, которые вполне применимы для расчёта, скажем, требуемой компенсации в случае причинения вреда. Соразмерность, в отличие от пропорциональности, включает ещё и аксиологическую составляющую, поэтому её применение в праве зависит от той системы ценностей, на которую опирается правоприменитель.

КОНСТИТУЦИЯ КАК КРИТЕРИЙ СОРАЗМЕРНОСТИ В ПРАВЕ

Представляется, что ключом к ответу на поставленные выше вопросы, связанные с определением соотношения универсальных ценностей и национальной правовой идентичности, служит понимание принципа соразмерности, который, в свою очередь, восходит к философской категории “мера”.

Категория “мера” была одной из основных у древнегреческих философов, начиная с Аристотеля. Аристотель писал, что “во всех случаях мерой и началом выступает нечто единое и неделимое” [23, с. 254]. Эту мысль развил Гегель, который считал, что мера есть качественно определённое количество [24]. Представляется, что применительно к праву качественной составляющей меры, её содержательным критерием выступают правовые ценности, которые в разных случаях и различных правовых традициях могут существенно отличаться.

Мера есть единство количества и качества, то исходное начало, где количественные и качественные характеристики сливаются в единое целое. Применительно к российской правовой системе таким исходным началом, объединяющим количественные и качественные характеристики права, выступает Конституция. Именно Конституция может рассматриваться как критерий, с помощью которого можно определить и реализовать принцип соразмерности.

Соразмерность в конституционном праве предполагает нахождение баланса между универсальными принципами и национальными ценностями, между правами коллектива и правами личности, между едиными конституционными стандартами и государственным суверенитетом. Она наполнена нравственным содержанием, так как бытие человека неотделимо от нравственных начал. Применительно к конституционному праву содержанием принципа соразмерности выступают конституционные ценности в их практическом воплощении. Реализацию принципов и норм конституции осуществляют субъекты права, которые привносят в этот процесс особенности национального правосознания.

В своё время Фердинанд Лассаль говорил, что есть конституция юридическая — совокупность формально принятых норм и конституция фактическая — основы конституционного строя, которые существуют в реальной жизни [25]. Представляется, что национальная конституционная идентичность может проявляться не только в юридической, но и в фактической конституции, включающей, наряду с писаными нормами, практику их применения, ряд обычаев, а также официальное толкование, которое даёт этим нормам Конституционный суд. Когда мы говорим о конституционной идентичности, надо учитывать и юридическую, и фактическую конституцию, анализ каждой из них поможет сформулировать и обосновать концепт соразмерности применительно к конкретной правовой ситуации.

Изложенное понимание конституционной соразмерности предполагает, что заимствование зарубежного правового опыта и признание наднациональных судебных решений должны осуществляться с учётом ценностей национальной Конституции. Иностранные нормы могут получить право на существование в российской правовой системе, если успешно пройдут конституционный фильтр, будут признаны не противоречащими российской Конституции и составляющим её основу базовым демократическим ценностям, основополагающим правам человека. Поэтому предстоит выстроить эффективную систему оценки иностранных норм, решений и принципов, которая будет основана на необходимости сохранения национальной идентичности, в том числе правовой, с учётом принципа справедливости и присущих отечественной культурной традиции ценностей. Важную роль в такой системе призван играть Конституционный суд, который может способствовать сохранению конституционной идентичности, выявлению и реализации принципа конституционной соразмерности в каждом конкретном случае.

Если толкования Конституционного суда будут основаны на отечественной конституционно-

правовой доктрине, они станут важным фактором последующей практической реализации норм российской Конституции, послужат основанием для сохранения национальной правовой традиции и конституционной идентичности как её основы. При этом ни один российский судебный орган не должен выносить решения лишь на основе количественных показателей, не используя в своей деятельности ценностных ориентиров. Необходимые условия для использования таких ориентиров, имеющих как правовое, так и нравственное наполнение, сегодня существуют.

После конституционной реформы 2020 г. все решения международных судов и положения всех подписанных Российской Федерацией международных договоров должны проходить тест на соразмерность. В общем виде он предполагает ответы на ряд вопросов принципиального характера. Необходимо определить, насколько предлагаемые инновации действительно имеют универсальный характер, в какой мере они соответствуют национальным правовым традициям и утвердившимся российским ценностям, а также духу и содержанию Конституции РФ.

Ответ на эти непростые вопросы невозможен без опоры на правовую доктрину. Именно учёные, используя современную научную методологию, могут раскрыть критерии универсального в праве, выявить ценностное содержание национальной правовой традиции и его соотношение с духом Конституции, сформулировать критерии конституционной соразмерности.

Таким образом, вопрос о содержании конституционной соразмерности и поиске её оптимальных форм приобретает особое значение в условиях, когда человечество стоит на пороге новой эпохи. Переходный период влечёт за собой обострение существующих и появление новых противоречий как онтологического, так и аксиологического характера. Тенденции развития глобализирующегося мира приводят к унификации мировосприятия, формированию стандартных, обезличенных идеалов и соответствующих им образцов поведения. В то же время навязывание новых, исторически и ментально чуждых поведенческих паттернов запускает деструктивные процессы в национальной культуре, вступает в противоречие с существующей правовой традицией. Негативное воздействие, которое испытывает человек как центральный, ключевой элемент правовой системы, отрицательно влияет на всю систему и, как следствие, на государство. Защитный механизм, позволяющий сохранить ценностное ядро национальной правовой традиции, политической и правовой культуры, предусматривает актуализацию принципа конституционной соразмерности в её современном прочтении. Конституционная соразмерность предполагает

использование принципа справедливости, что, в свою очередь, невозможно без опоры на генетически присущую многонациональному народу России систему ценностей. Только в этом случае конституционная соразмерность станет основой правовой коэволюции как комплексного взаимодействия и функционального единства всех структурных частей правовой системы в условиях современных глобальных вызовов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дегтярёв С.Л. Действие принципов справедливости и соразмерности ответственности при возмещении убытков // Арбитражный и гражданский процесс. 2018. № 12. С. 56–57.
2. Кельзен Г. Чистое учение о праве, справедливость и естественное право / Пер. с нем., англ., франц. Сост. и вступ. ст. М.В. Антонова. СПб.: Алеф-Пресс, 2015.
3. Хабриева Т.Я. Конституционная реформа в России: в поисках национальной идентичности // Вестник РАН. № 5. С. 403–414.
4. Зорькин В.Д. Цивилизация права: современный контекст // Журнал конституционного правосудия. 2014. № 5. С. 1–12.
5. Хабриева Т.Я. Конституционная реформа в современном мире. М.: Наука РАН, 2016.
6. Емелин В.А. Идентичность в информационном обществе. М.: Канон+, 2017.
7. Кутырёв В.А., Слюсарев В.В., Хусяинов Т.М. Человечество и Технос: философия коэволюции. СПб.: Алетейя, 2020.
8. Грачёва С.А. Развитие концепта конституционной идентичности в связи с поиском подходов к разрешению конвенционно-конституционных коллизий и конфликтов // Журнал российского права. 2018. № 9. С. 52–64.
9. Познер Р. Рубежи теории права / Пер. с англ. И.В. Кушнарёвой. М.: Издат. дом ВШЭ, 2017.
10. Стёпин В.С. Теоретическое знание. М.: Прогресс-Традиция, 2003.
11. Постклассическая онтология права / Под общ. ред. И.Л. Честнова. СПб.: Алетейя, 2016.
12. Честнов И.Л. Постклассическая теория права. СПб.: Алеф-Пресс, 2012.
13. Берман Г.Дж. Западная традиция права: эпоха формирования. М.: Изд-во Московского университета; Издательская группа ИНФРА-М – НОРМА, 1998.
14. Синуков В.Н. Российская правовая система. Введение в общую теорию. 2-е изд., доп. М.: Норма, 2010.
15. Честнов И.Л. Проблема доверия как принципа гражданского общества и права // Гражданское общество в России и за рубежом. 2011. № 1. С. 7–10.
16. Хоскинг Д. Доверие: история / Пер. с англ. П.С. Бавина и др. М.: Политическая энциклопедия, 2016.
17. Пашенцев Д.А. Российская законотворческая традиция: онтология процесса // Журнал российского права. 2018. № 8. С. 5–13.
18. Бурдые П. За рационалистический историзм / Пер. с фр. Н.А. Шматко // Социо-Логос постмодернизма. Альманах Российско-французского центра социологических исследований. М.: Изд-во Института экспериментальной социологии, 1996. С. 9–29.
19. Ветютнев Ю.Ю. Аксиология правовой формы. М.: Юрлитинформ, 2013.
20. Бурдые П. Социология социального пространства / Пер. с франц.; отв. ред. перевода Н.А. Шматко. СПб.: Алетейя, 2017.
21. Хабриева Т.Я. Толкование Конституции Российской Федерации: теория и практика. М.: Юрист, 1998.
22. Зорькин В.Д. Справедливость — императив цивилизации права // Теория государства и права. 2018. № 2. С. 67–80.
23. Аристотель. Метафизика. Сочинения в 4-х томах. Т. 1. М.: Мысль, 1975.
24. Гегель Г. Наука логики. СПб.: Наука, 1997.
25. Лассаль Ф. О сущности конституции: речь, произнесённая в одном Берлинском фрейе / Пер. с нем. К. Чекурь-Куша. Одесса: Буревестник, 1905.