

УДК 533.9

О ПРОГРАММЕ РОССИЙСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЯЕМОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

© 2021 г. В. И. Ильгисонис^{а, *}, К. И. Ильин^б, С. Г. Новиков^а, Ю. А. Оленин^а

^а Государственная корпорация по атомной энергии “Росатом”, Москва, Россия

^б ГНЦ РФ “Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований”, Москва, Россия

*e-mail: vilkiae@gmail.com

Поступила в редакцию 19.07.2021 г.

После доработки 22.07.2021 г.

Принята к публикации 22.07.2021 г.

Описаны основные научные задачи, решаемые при реализации федерального проекта “Разработка технологий управляемого термоядерного синтеза и инновационных плазменных технологий” комплексной программы “Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации на период до 2024 года”. Приводятся краткая история разработки и описание основных компонентов проекта, его участников, основных планируемых результатов его выполнения проекта и возможных перспектив. Статья предваряет материалы данного выпуска журнала, целиком посвященного проекту токамака реакторных технологий (ТРТ), разрабатываемому в ходе реализации федерального проекта.

Ключевые слова: термоядерный синтез, токамак, бланкет, национальный проект, федеральный проект, плазменные технологии

DOI: 10.31857/S0367292121110172

ВВЕДЕНИЕ

С начала 2021 г. в Российской Федерации реализуется комплексная программа “Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации на период до 2024 года” (далее – Программа РТТН). Программа РТТН объединяет в себе наиболее важные мероприятия в области научных исследований и разработки ядерных, термоядерных и смежных технологий, создания новой техники, строительства инновационных энергоблоков АЭС большой и малой мощности, выполняемые предприятиями и организациями атомной отрасли в тесной кооперации с другими ведущими российскими научными и образовательными организациями и промышленными предприятиями.

Структурно Программа РТТН состоит из пяти федеральных проектов, соответствующих научно-техническим направлениям, определенным Указом Президента Российской Федерации от 16 апреля 2020 г. № 270 “О развитии техники, технологий и научных исследований в области ис-

пользования атомной энергии в Российской Федерации” (далее – Указ 270), а именно [1]:

разработка технологий двухкомпонентной атомной энергетики с замкнутым ядерным топливным циклом;

разработка технологий управляемого термоядерного синтеза и инновационных плазменных технологий;

разработка новых материалов и технологий для перспективных энергетических систем;

проектирование и строительство референтных энергоблоков атомных электростанций, в том числе атомных станций малой мощности.

Каждому направлению Указа 270 в Программе РТТН отвечает свой федеральный проект. Выделяется только первое направление Указа 270, к которому наряду с федеральным проектом “Разработка технологий двухкомпонентной атомной энергетики с замкнутым ядерным топливным циклом”, отвечающим по духу и сформулированным задачам проектному направлению “Прорыв” [2], относится еще и федеральный проект “Создание современной экспериментальной базой для разработки технологий двухкомпонентной атомной энергетики с замкнутым ядерным топливным циклом”, предусматриваю-

ший в качестве основных компонентов строительство международного быстрого¹ исследовательского реактора МБИР [3] и продление эксплуатации действующего быстрого исследовательского реактора БОР-60 [4]. Наличие действующего исследовательского быстрого реактора с высоким нейтронным потоком крайне важно для проведения испытаний и разработки материалов, работающих в условиях нейтронного облучения, в том числе в ядерных энергетических или исследовательских объектах.

В настоящей статье кратко описан круг задач, на решение которых нацелен третий федеральный проект Программы РТТН “Разработка технологий управляемого термоядерного синтеза и инновационных плазменных технологий” (далее – ФП-3), и основные параметры данного федерального проекта.

УСЛОВИЯ ЗАПУСКА И ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ ПРОЕКТА ФП-3

После развала Советского Союза тяжелая экономическая ситуация в стране привела к существенному сокращению как числа действующих научных программ, так и возможностей их реализации. Не стали исключением и работы в области управляемого термоядерного синтеза (УТС), связанные с дорогостоящей эксплуатацией крупных энерго- и ресурсоемких исследовательских установок. Была прекращена и впоследствии уже не могла быть восстановлена работа на самом крупном в то время в мире сверхпроводящем токамаке Т-15. Многие российские ученые вынужденно ушли из сферы науки или переехали за рубеж; тем более, не развивалась исследовательская инфраструктура УТС. Единственным новым токамаком, построенным в России в это время, стал компактный (сферический) токамак ГЛОБУС-М, запущенный в 1999 г. и модернизированный в 2017 г. благодаря энтузиазму и подвижничеству коллектива Физико-технического института имени А.Ф. Иоффе РАН, а также поддержке, оказанной ему Минобрнауки России. Кроме того, сегодня на смену рекордсмену-долгожителю токамаку Т-10 в Курчатовском институте приходит более масштабная диверторная установка – токамак Т-15 МД, физический пуск которой состоялся 18 мая 2021 г., а доукомплектование токамака системами дополнительного нагрева плазмы и генерации тока предстоит осуществить уже в рамках выполнения ФП-3.

Отсутствие собственной национальной программы развития термоядерных исследований

при участии Российской Федерации в крупнейшем научно-техническом проекте современности – разработке и строительстве международного токамака-реактора ИТЭР – стало одним из парадоксов постсоветского этапа в истории отечественной науки. Федеральный проект ФП-3 – это единственная за последние 30 лет целостная программа развития исследований по управляемому термоядерному синтезу². Реализация федерального проекта в нашей стране позволит сделать существенный шаг к решению проблемы освоения и использования термоядерной энергии – самой амбициозной задачи, поставленной человечеством в XX веке (эволюцию представлений о статусе и перспективах отечественных исследований в области УТС можно проследить путем сравнения однотипных публикаций [6, 7]). Компонировка мероприятий федерального проекта обеспечивает сбалансированное продвижение к термоядерной энергетике вне зависимости от возможного изменения лидерства конкурирующих технологий по мере развития мировых термоядерных исследований.

Напомним, что во исполнение поручения Президента Российской Федерации от 21 января 2016 г. № Пр-104 о разработке и реализации национальной программы развития управляемого термоядерного синтеза и плазменных технологий Госкорпорацией “Росатом” совместно с НИЦ “Курчатовский институт”, выступившим ее инициатором, а также с организациями Российской академии наук разработан проект национальной программы развития управляемого термоядерного синтеза и плазменных технологий на период до 2035 года.

На основании положений данной программы и был сформирован федеральный проект “Разработка технологий управляемого термоядерного синтеза и инновационных плазменных технологий” в структуре комплексной программы “Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации на период до 2024 года” в соответствии с Указом 270. Настоящий федеральный проект включает набор мероприятий, обеспечивающих к 2024 году основу развития научно-исследовательской инфраструктуры, выполнения научных исследований и разработок, совершенствования системы информационного обмена в Российской Федерации в области управляемого термоядерного синтеза и плазменных технологий.

¹ “Быстрым” принято называть реактор на быстрых нейтронах – ядерный реактор, в активной зоне которого нет замедлителей нейтронов и спектр нейтронов близок к энергии нейтронов деления (~100 кэВ–10 МэВ).

² В период 2010–2019 гг. термоядерные исследования в РФ частично финансировались из средств федеральной целевой программы “Ядерные энерготехнологии нового поколения” [5], включая сооружение установки Т-15МД. Основным разработчиком и государственным заказчиком этой программы выступала Госкорпорация “Росатом”.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ И СТРУКТУРА ФП-3

Реализация ФП-3 и Программы РТТН в целом призвана сыграть роль мощного прорывного фактора, стимулирующего развитие широкого спектра индустриальных и технологических сегментов экономики страны. Организация и проведение крупномасштабных научно-технических исследований в рамках мероприятий Программы РТТН способны выполнить “вытягивающие” функции для промышленного освоения, внедрения и развития передовых промышленных технологий. Сегодня очевидно, что дальнейший прогресс в области термоядерных исследований немыслим без:

- модернизации существующих и создания новых термоядерных установок и плазменных стендов;
- разработки ядерных технологий blankets термоядерного реактора;
- разработки и внедрения физических и технологических диагностических средств нового поколения;
- освоения и внедрения технологии высокотемпературной сверхпроводимости для создания квазистационарных магнитных систем;
- разработки новых конструкционных материалов и технологий;
- освоения и внедрения технологий контроля энергопотоков и защиты первой стенки реактора, неиндукционного нагрева плазмы и поддержания тока;
- развития теоретической базы исследования плазмозаключенных процессов и разработки программ трехмерного моделирования плазмозаключенных процессов фундаментального и прикладного значения;
- широкого внедрения современных систем автоматизированного управления и контроля проведения экспериментов и технологических систем; создание интеллектуальных управляющих и аналитических информационных систем;
- освоения и внедрения потоковой обработки экспериментальных данных в режиме реального времени.

Параллельно необходимо организовать процесс непрерывной и системной подготовки профессиональных кадров соответствующей квалификации и их закрепления в данной области науки и инженерии. В качестве первого этапа решения указанных задач и следует рассматривать ФП-3.

Условно весь ФП-3 можно разделить на пять направлений исследований.

Исследования и разработки по базовым термоядерным технологиям

К “базовым” термоядерным технологиям мы относим технологии, необходимые для осуществления магнитного удержания высокотемпературной термоядерной плазмы без учета конечной цели этого удержания: создание “чистого” энергетического реактора или термоядерного источника нейтронов (ТИН), необходимого для реализации концепции гибридного реактора. В первую очередь, речь идет о разработке систем электромагнитного и корпускулярного нагрева плазмы с мощностными параметрами, отвечающими современному представлению о необходимой мощности таких систем. Кроме того, планируется детально отработать инновационную технологию литиевой защиты первой стенки реактора и дивертора, которая, как предполагается, может позволить сделать следующий важный шаг к достижению реакторных параметров плазмы, удерживаемой в токамаках.

Несмотря на то, что ФП-3 в основном ориентирован на продвижение в области УТС с использованием токамаков, элементы различных систем, относящихся к сфере базовых технологий, зачастую проще и наглядней отрабатывать не в замкнутых (токамаках и стеллараторах), а в открытых конфигурациях (пробочных ловушках). И наоборот, оснащенные инновационными технологическими системами открытые ловушки способны продемонстрировать новое качество удержания плазмы, что служит основанием для продолжения соответствующих исследований, в том числе экспериментальных.

Исследования и разработки по гибридным реакторным технологиям и системам

В России разработки и исследования в области УТС практически с самого их начала в 1951 г. развиваются в направлениях освоения энергии как “чистого” термоядерного синтеза, так и в сфере создания гибридных систем. Концепцию гибридного реактора следует рассматривать в увязке с ключевыми проблемами атомной энергетики по обеспечению ее устойчивого развития и замыкания топливного цикла. Главное преимущество гибридного термоядерного реактора по сравнению с любой другой ядерной установкой, обеспечивающей конверсию сырьевых изотопов в делящиеся, заключается в использовании термоядерных нейтронов высокой энергии, что позволяет почти в десять раз увеличить интенсивность работы новых делящихся изотопов из сырьевых при одинаковой мощности установок. Это важнейшее качество приводит к тому, что присутствие гибридных термоядерных реакторов в структуре ядерной энергетической системы мож-

но ограничить небольшой долей (менее 15%) и при этом в полном объеме решить проблему обеспечения топливом. Реакторы деления, составляющие основу существующей атомной энергетики, будут обеспечены делящимися изотопами, произведенными в гибридных реакторах. Одновременно с этим гибридные реакторы будут обеспечены тритием, наработанным в реакторах деления. Вторая традиционно обсуждаемая задача гибридных реакторов – высокоэффективное дожигание минорных (младших) актинидов (МА), накапливающихся в результате работы ядерных реакторов деления, – потенциально также решается, однако имеет конкурентоспособную альтернативу в виде жидкосольевых реакторов и в этом смысле, по мнению авторов настоящей статьи, менее привлекательна. Отметим, что разработки проекта исследовательского жидкосольевого реактора как прообраза реактора-дожигателя МА, а также ряда обеспечивающих технологий включены в федеральный проект 4 “Разработка новых материалов и технологий для перспективных энергетических систем” Программы РТТН.

Актуальность концепции гибридного реактора основывается еще и на том, что современный уровень знаний и имеющиеся наработки в области УТС достаточны для создания “плазменного сердца” гибридного реактора – ТИН, требования к параметрам плазмы и конструкционным материалам в котором заметно ниже, чем для энергетического термоядерного реактора, и возможность удовлетворения которых уже подтверждена экспериментально. Разумеется, помимо создания собственно ТИН необходимы обеспечивающие работы, подтверждающие работоспособность элементов blankets, технологии подготовки/очистки/переработки его топливной композиции, технологии тритиевого цикла и пр. Проведение таких работ также запланировано в рамках ФП-3.

Лазерный термоядерный синтез и технологии

Хотя ФП-3 формировался преимущественно как проект в области магнитного УТС, тем не менее было решено включить в него некоторые работы, прямо или косвенно относящиеся к инерционному (конкретно – лазерному) термоядерному синтезу, принцип которого состоит в поджиге (микровзрыве) термоядерной мишени за время, меньшее времени ее разлета. Лазерный термоядерный синтез, разрабатываемый как альтернатива методу магнитного удержания, обеспечивает помимо всего прочего решение ряда специальных задач и продвижение в области фундаментальной науки – изучения пространственно-временной структуры материи и неизвестных явлений на стыке физики высоких энергий и физики сверхсильных полей.

Работы, запланированные по данному направлению в рамках ФП-3, нацелены на создание в будущем лазерного центра на основе принципиально нового уникального источника света с мощностью 0.1–0.2 эксаватта, в сотни раз превосходящей лучшие мировые аналоги. Задача создания такого источника как перспективной установки класса “мега-сайенс” не потеряла своей актуальности за прошедшие 10 лет [8].

Разработка инновационных плазменных технологий, в том числе опытно-промышленных

Данное направление представлено в ФП-3 с целью продемонстрировать продуктивность термоядерной науки на примерах устройств и технологий, пригодных для освоения промышленностью уже на современном этапе. Предполагается довести до опытно-промышленного и даже промышленного уровня ряд разработок для машиностроительного производства, медицинской техники, космоса и др., основанных на использовании плазменных технологий. Параметры созданных устройств будут превышать мировой уровень, что обеспечит экспортную пригодность разработанной техники. Их испытания будут проведены на созданных или модернизированных отечественных экспериментальных стендах.

Разработка нормативной базы термоядерных и гибридных систем, обеспечение лицензионной деятельности, обмен научно-технической информацией

Включение в состав ФП-3 данного направления обусловлено давно назревшей необходимостью приступить к системной разработке нормативных документов, регулирующих сферу взаимоотношений и ответственности участников использования объектов УТС, что становится особенно важно при продвижении в область реальной термоядерной энергетики, объекты которой необходимо рассматривать с точки зрения радиационной и нейтронной безопасности, а также ядерной безопасности в целом. Такая работа должна быть организована совместно с надзорными органами и опираться на взаимодействие с МАГАТЭ.

Наряду с выполнением поисковых и технологических работ необходимо наладить полноценный обмен информацией и обеспечить быстрый и информативный доступ к уже имеющимся и вновь нарабатываемым данным всех участников проекта. Разработка и введение в строй соответствующей информационной системы также предполагается в рамках ФП-3.

ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И КЛЮЧЕВЫЕ УЧАСТНИКИ ФП-3

Задачи федерального проекта ФП-3 в составе комплексной программы РТТН требуют комплексного же подхода к их решению. Так, в число составляющих ФП-3 включены как мероприятия по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИР и ОКР), так и по строительству, модернизации и/или техническому перевооружению объектов УТС на территории России.

Говоря о таких объектах, в первую очередь необходимо отметить работы по оборудованию системами дополнительного нагрева плазмы и генерации тока токамака Т-15МД – первого отечественного среднemasштабного “итэроподобного” токамака, который должен стать основной исследовательской термоядерной установкой в стране на ближайшее десятилетие.

Токамак Т-15МД в НИЦ “Курчатовский институт” будет укомплектован традиционным для российских токамаков мощным гиротронным комплексом для электронного циклотронного нагрева плазмы, разработанным Институтом прикладной физики РАН (до 5 гиротронов-мегаваттников с рабочей частотой 112 ГГц), и системой инжекционного нагрева плазмы суммарной мощностью не ниже 6 МВт (3 инжектора по 2 МВт каждый с энергией инжектируемых атомов до 75 кэВ). Развитие в рамках ФП-3 инжекционной технологии должно привести к созданию новых устройств: атомарного инжектора с током не ниже 150 А при энергии атомов в пучке не ниже 15 кэВ и ионного источника для атомарных инжекторов различного назначения с мощностью до 7.5 МВт и энергией атомов в пучке не ниже 500 кэВ. Разработка указанных устройств планируется для использования в токамаке реакторных технологий (ТРТ), речь о котором пойдет ниже. Основным разработчиком инжекционной техники при реализации ФП-3 выступает Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН.

На втором этапе техперевооружения установке Т-15МД предполагается оснастить системой ионного циклотронного и нижнегибридного нагрева плазмы мощностью соответственно 6 и 4 МВт. В случае успешного завершения модернизации суммарная мощность систем дополнительного нагрева плазмы на токамаке превысит 20 МВт.

Одной из важных особенностей токамака Т-15МД должна стать запланированная длительность рабочего разряда до 1/2 минуты; такую же длительность должны обеспечивать все системы дополнительного нагрева плазмы и генерации тока. При этом плотность потока энергии на первую стенку составит 0.3 МВт/м², что позволит на реальном эксперименте отработать техноло-

гию по созданию замкнутого контура циркуляции лития в камере токамака в квазистационарном режиме работы в условиях как омического, так и неиндукционного нагрева.

Разработки средств ионного циклотронного и нижнегибридного нагрева плазмы будут координироваться Физико-техническим институтом им. А.Ф. Иоффе РАН. Будет создан и испытан экспериментальный образец модуля антенны на мощность до 400 кВт, разрабатываемый в качестве составного элемента перспективной антенны для существующего (Т-15МД) и будущего (ТРТ) российских токамаков.

Разрабатываемые технологии будут тестироваться в том числе на существующих компактных (сферических) токамаках. В экспериментах на установке ФТ-2 будет осуществлен центральный нижнегибридный нагрев ионов в плотной (до 10²⁰ м⁻³) плазме компактного токамака. На установке Глобус-М2 впервые в мире будет апробирован метод ввода волн нижнегибридного диапазона частот в плазму сферического токамака с целью замещения омического тока на уровне 200–250 кА. Также будет апробирован метод комбинированного нагрева (инжекционного и ионного циклотронного) плазмы в сферическом токамаке с целью получения максимального давления плазмы и температуры ионов $T_i > 2$ кэВ; при этом мощность инъекции пучков нейтральных атомов достигнет 1 МВт.

Наиболее масштабным объектом, строительство которого запланировано в рамках ФП-3, станет реконструкция комплекса токамака с сильным полем (ТСП) в АО “ГНЦ РФ ТРИНИТИ (г.о. Троицк, Москва) в том числе его инженерно-технических систем: энергетической, вакуумной, криогенной и др. Данные работы позволят обеспечить возможность размещения на базе комплекса прототипа токамака реакторных технологий (ТРТ), сооружение которого представляется следующим важным этапом на пути создания гибридного реактора. Новые материалы, магнитная система на базе ВТСП, технологии гибридного бланкета, эксперименты с преобразованием энергии – вот вкратце идеологическая основа установки ТРТ, проект которой должен быть разработан к 2024 г.

Магистральное развитие исследований в области открытых систем будет обеспечено разработкой концепции ГДМЛ – газодинамической многопробочной ловушки, сочетающей, как предполагается, достоинства ловушек обоих типов – многопробочной и газодинамической (см., например, [9, 10]). До 2024 года будет создана импульсная модель газодинамической многопробочной ловушки длиной 10 метров, в которой рассчитываем на подавление продольных потерь в многопробочном режиме не менее 3 раз. В экс-

периментах на ловушках КОТ (Компактный Осесимметричный Тороид) и СМОЛА (Спиральная Магнитная Открытая Ловушка) будут проверены принципы удержания плазмы высокого давления и с вращением в винтовом магнитном поле. Работы в области открытых ловушек применительно к УТС сегодня ведутся только в ИЯФ СО РАН.

В рамках ФП-3 планировалось начать строительство лазерного центра на основе принципиально нового субэксаваттного источника света. Параллельно будут разработаны, изготовлены и испытаны все основные элементы создаваемого уникального лазерного комплекса, включая модули с мощностью 15 петаватт каждый и инженерную инфраструктуру лазерного комплекса. Будет создан лабораторный макет не имеющего аналогов в мире модуля драйвера для лазерного термоядерного синтеза с диодной накачкой. Работы по этому направлению будут выполняться в кооперации институтов РАН (ИПФ РАН, ФИАН и др.) и Госкорпорации “Росатом” (ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ, АО “ГНЦ РФ ТРИНИТИ” и др.).

Следует отметить также создание небольшого учебного-демонстрационного токамака МИФИСТ в НИЯУ МИФИ, предназначенного для профессиональной подготовки кадров в области УТС и автоматизации физического эксперимента, которая должна стать “визитной карточкой” установки МИФИСТ [11, 12].

В дополнение к вышеперечисленному в ходе реализации ФП-3 предстоит создать или модернизировать ряд инженерно-экспериментальных стендов, с использованием которых будут отрабатываться практические приложения результатов проведенных исследований. К числу таких результатов можно отнести разрабатываемые образцы промышленных установок по нанесению технологических покрытий различного назначения, технологии создания компонент радиационно-стойкой электронной элементной базы на основе монокристаллических алмазов и многое другое. Следует выделить также разработки полностью отечественных высокотемпературных сверхпроводников и изделий из них (АО “НИИЭФА”, АО “ВНИИНМ”, НИЦ “Курчатовский институт”, ОАО “ВНИИКП”).

Будет сделан качественный скачок в разработке и создании мощных плазменных ракетных двигателей нового поколения со значениями параметров, в 5–10 раз превышающими значения параметров существующих электрореактивных двигателей. В том числе, будут разработаны и испытаны лабораторные макеты безэлектродного плазменного двигателя мощностью 10 и 100 кВт, новые образцы магнитоплазменных, холловских и ионных двигателей мощностью от 50 до 150 кВт и значениями удельного импульса 500–1500 с

ресурсом не ниже 20000 часов. Такие устройства необходимы как для осуществления дальних полетов, так и для сохранения паритета в космосе в околоземном пространстве. Центрами ответственности в выполнении этих работ являются НИЦ “Курчатовский институт”, АО “ГНЦ РФ ТРИНИТИ”, АО ГНЦ “Центр Келдыша”.

Работы по направлению плазменных технологий призваны укрепить позиции России в разработке и производстве гиротронов – мощных генераторов СВЧ-излучения, используемых для циклотронного нагрева электронов плазмы, длительной генерации тока в токамаках, а также для ряда прикладных задач. Будут созданы новые теоретические подходы и разработаны новые принципы и схемы реализации мощных источников излучения, в том числе с управляемым спектром, широкополосных (с полосой 10%) и стабилизированных по частоте (с относительной стабильностью частоты 10^{-8}). Разработаны непрерывные источники излучения для спектроскопии и диагностики различных сред на частотах 0.5–0.8 ТГц при мощности не менее 50 Вт. Будут созданы опытные образцы квазистационарных и импульсных источников электромагнитного излучения до мультимегаваттного уровня мощности различных назначений и спектральных диапазонов. Среди участников мероприятий направления прикладных плазменных технологий – более десятка организаций различного ведомственного подчинения.

Разумеется, мероприятия ФП-3 направлены не только на укрепление материально-технической базы российских исследований в области УТС и плазменных технологий, но и собственно на проведение таких исследований, как экспериментальных, так и теоретических, постановка задач и описание намеченных результатов которых должны стать предметами отдельных публикаций.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ, УСЛОВИЯ ФИНАНСИРОВАНИЯ И СРОКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА

Масштабность и ресурсоемкость заявленных в ФП-3 и в Программе РТТН в целом задач требует весьма объемного финансирования и четкости в организации работ – особенно с учетом ограниченного срока выполнения Программы до 2024 г. включительно. Постановлением Правительства Российской Федерации от 10.07.2020 № 1019 нормы, предусмотренные Положением об организации проектной деятельности в Правительстве Российской Федерации, установленные Постановлением Правительства Российской Федерации от 31.10.2018 № 1288 и применяемые в отношении национальных проектов и федеральных проектов в составе национальных проектов, рас-

пространены на Программу РТТН и федеральные проекты в ее составе. Тем самым, Программа РТТН приравнена к национальным проектам.

Куратором комплексной программы РТТН (14-го национального проекта) от Правительства Российской Федерации определен заместитель Председателя Правительства Российской Федерации А.В. Новак, возглавляющий Проектный комитет Программы РТТН. Руководителем национального проекта является генеральный директор Госкорпорации “Росатом” А.Е. Лихачев, а администратором – статс-секретарь – заместитель генерального директора по обеспечению государственных полномочий и бюджетного процесса Госкорпорации “Росатом” С.Г. Новиков. Головной научной организацией Программы РТТН определен НИЦ “Курчатовский институт”.

Аналогичная схема руководства реализована и на уровне федеральных проектов в составе Программы РТТН. Так, координатором ФП-3 также является А.В. Новак, а руководителем федерального проекта – заместитель генерального директора по науке и стратегии Госкорпорации “Росатом” Ю.А. Оленин. Функции администратора проекта возложены на Н.А. Ильину, директора по управлению научно-техническими программами и проектами – директора Департамента научно-технических программ и проектов Госкорпорации “Росатом”. Научным руководителем проекта является В.И. Ильгисонис, директор направления научно-технических исследований и разработок Госкорпорации “Росатом”, а директором НИОКР – заместитель генерального директора АО “ГНЦ РФ ТРИНИТИ” К.И. Ильин.

Финансирование Программы РТТН осуществляется как из средств федерального бюджета, так и из собственных средств Госкорпорации “Росатом” (более 50% общего объема). На первом этапе утвержденный объем бюджетного финансирования Программы РТТН составил 84 млрд. руб., из них около 32 млрд. руб. приходится на ФП-3. Объем дополнительного бюджетного финансирования Программы РТТН в настоящее время (т.е. на середину июля 2021 г.) является предметом согласования. По аналогии с остальными национальными проектами прорабатывается вариант продления срока реализации Программы РТТН до 2030 г. с пропорциональным увеличением финансового обеспечения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наряду с системными исследованиями в области физики плазмы и плазменных технологий, палитра которых, как следует из вышеизложенного, довольно широка, а также с развитием обеспечивающей эти исследования инфраструктуры, роль ФП-3 видится в закладке фундамента следующего этапа движения к “термоядерному эльдорадо”. Таким этапом сегодня представляется сооружение токамака ТРТ – установки, во многом опирающейся на опыт проекта ИТЭР и новые идеи, возникшие в ходе его реализации. Многие мероприятия ФП-3 так или иначе нацелены на проработку научного обоснования и даже отдельных элементов этой установки, проект которой должен быть полностью сформирован в ближайшие несколько лет. Некоторые результаты такой проработки публикуются в настоящем выпуске журнала, который в силу этого имеет чуть более технический уклон по сравнению со стандартами “Физики плазмы”.

Тем не менее, авторы надеются на то, что статьи настоящего выпуска дадут старт серьезным физическим дискуссиям, станут предметом активного обсуждения и основой новых предложений для включения в ФП-3, в том числе на страницах журнала “Физика плазмы”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45436>
2. <http://proryv2020.ru>
3. <http://www.niiar.ru/mbir>; <http://mbir-rosatom.ru>
4. <http://www.niiar.ru/node/101>
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 3 февраля 2010 года № 50.
6. *Велихов Е.П., Смирнов В.П.* // Вестник РАН. 2006. Т. 76. № 5. С. 419.
7. *Велихов Е.П., Ильгисонис В.И.* // Вестник РАН. 2021. Т. 91. № 5. С. 470.
8. https://www.cremlin.eu/e17712/e60827/Passport_X-CELS.pdf
9. *Beklemishev A., Anikeev A., Astrelin V., Bagryansky P., Burdakov A. et al.* // Fusion Science and Technology. 2013. V. 63. Iss. 1T. P. 46.
10. *Yakovlev D.V., Bagryansky P.A., Beklemishev A.D. et al.* // 28th IAEA Fusion Energy Conference (FEC 2020), Contr. ID: 1280.
11. *Курнаев В.А., Воробьев Г.М., Николаева В.Е., Крат С.А. и др.* // Ядерная физика и инжиниринг. 2019. Т. 10. № 1. С. 24.
12. *Кирнева Н.А., Воробьев Г.М., Ганин С.А., Дрозд А.С. и др.* // ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез. 2020. Т. 43. № 3. С. 90.