

BELLONA

Атомная отрасль России

накануне и в начале войны

Атомная отрасль России

Опубликовано: Bellona Foundation, Vilnius

«Беллона» прилагает все усилия, чтобы гарантировать, что информация, опубликованная в докладе, является истинной и свободной от авторских прав, но не гарантирует и не принимает на себя никакой юридической ответственности за точность, полноту, интерпретацию или полезность информации, которая может возникнуть в результате прочтения этого доклада.

©2023 «Беллона».

Все права защищены.

Эта копия предназначена только для личного некоммерческого использования.

Пользователи могут загружать, распечатывать или копировать отрывки доклада для собственного и некоммерческого использования.

Никакая часть доклада не может быть воспроизведена без ссылки на «Беллону» в качестве источника.

Коммерческое использование доклада требует предварительного согласия «Беллоны».

<http://bellona.org>

etc@bellona.org

Содержание

Предисловие	5
Введение	7
Глава I. Структура атомной отрасли России	9
1.1. Управление атомной отраслью.....	10
1.2. Горнорудный дивизион.....	12
1.3. Топливный дивизион	13
1.4. Машиностроительный дивизион.....	16
1.5. Электроэнергетический дивизион	17
1.6. Дивизион «Экологические решения»	18
1.7. Инжиниринговый дивизион	18
1.8. Дивизион «Сбыт и трейдинг»	19
1.9. Дирекция ядерного оружейного комплекса (ЯОК)	19
1.10. Дирекция «Севморпуть»	21
1.11. Наука и образование.....	21
Глава II. Ядерный топливный цикл	24
2.1. Добыча урана.....	25
2.2. Конверсия и обогащение урана.....	26
2.3. Фабрикация топлива (мощности по производству и разработки топлива для открытого топливного цикла).....	29
2.4. Замыкание топливного цикла и рециклирование ядерных материалов	32

Глава III. Энергетические, транспортные и исследовательские реакторы	41
3.1. АЭС России (действующие, остановленные, строящиеся и планируемые).....	41
3.2. Реакторы малой и средней мощности.....	51
Глава IV. Зарубежные проекты атомной отрасли России.....	56
4.1. Строительство АЭС за рубежом	58
4.2. Исследовательские и научные предприятия	61
4.3. Урановые и топливные проекты.....	61
4.4. Международные услуги по обращению с ОЯТ	69
Глава V. Экономическая, экологическая и социальная составляющие деятельности Росатома	71
5.1. Бизнес-экономическая деятельность атомной отрасли	71
5.2. Экологическая и социальная политика Госкорпорации «Росатом»	72
Глава VI. Влияние войны, введенных в отношении России санкций и ограничений.....	80
6.1. Ограничения и санкции Украины.....	83
Заключение.....	87
Список сокращений	91

Предисловие

Объединение «Беллона» – экологическая неправительственная организация, созданная в 1986 году после Чернобыльской катастрофы. Основатели «Беллоны» утверждают, что именно это событие стало главным побуждающим мотивом для создания экологической протестной группы в благополучной Норвегии. Работа «Беллоны» с атомными темами в России изначально касалась ядерных испытаний на Новой земле и их последствиях, а также опасного состояния атомных объектов на Кольском полуострове. В 1992 году в рамках протестных акций против ядерных испытаний «Беллона» совершила на своем корабле поход к советскому атомному полигону на Новой земле. Кораблю экологов с растяжкой «остановите атомную угрозу из России», разрешили войти в акваторию приближенную к новоземельскому ядерному полигону, и зайти в порт Мурманска, что было в то время жестом открытости и показателем того, что Россия была намерена идти к завершению ядерных испытаний и приступить к ликвидации последствий холодной войны в Арктическом регионе, а также усиливать гласность (подробней об атомном проекте «Беллоны» см. здесь bellona-atom.tilda.ws).

Начиная с 1992 года в своей работе по атомному направлению «Беллона» активизировала подготовку информационно-аналитических материалов. За период с 1994 года по настоящее время организация подготовила и опубликовала более 30 больших докладов и рабочих документов по атомной теме. Кроме этого, на сайте «Беллоны» были опубликованы сотни статей журналистов, экспертов и общественников по атомной тематике.

В 2004 году «Беллона» опубликовала доклад «Российская атомная промышленность: необходимость реформ»¹.

¹ https://bellona.ru/publication/red_report_rus/

Это был первый большой обзор, в котором, используя свои возможности и ресурсы, «Беллона», рассмотрела состояние российского ядерно-промышленного комплекса, новые тенденции российской атомной политики, а также проанализировала работу появившихся в то время программ международного сотрудничества по ядерной и радиационной безопасности. Основной причиной принятия решения о подготовке такого доклада была заинтересованность общественности в информации о состоянии атомной отрасли России и событиях, которые происходили в то время вокруг и внутри неё. На многие вопросы не было однозначных, аргументированных и убедительных ответов. Менялось руководство государства, экономика страны, атомная отрасль была не в лучшем состоянии, шли преобразования в правительственных и околоправительственных структурах. Минатом, наследник гигантского и влиятельного Минсредмаша СССР, в результате реструктуризации был понижен до статуса федерального агентства, которое в структуре правительства РФ заняло одну из самых низких позиций. Реструктуризация коснулась также государственного атомного надзора, что вызывало дополнительную тревогу и недопонимание у общественности тех изменений, которые ограничивали права и возможности органа, контролирующего ядерную безопасность атомных объектов.

Эти структурные преобразования, происходившие сверху вниз на всех уровнях, экономические трудности, недостаточная и несовершенная на то время нормативно-законодательная база, касающаяся атомной отрасли, тяжелое ядерное наследие холодной войны, свежая память о Чернобыльской катастрофе вызывали озабоченность и привлекали внимание не только российской, но и международной общественности. Традиционная закрытость государства и атомной отрасли, в частности, усиливали эту озабоченность. Международное сообщество готово было идти на сотрудничество и финансировать многие программы, рассчитывая на то, что вопросы ядерной и радиационной безопасности атомной отрасли России будут находиться в поле их зрения и понимания.

«Беллона», готовя в 2004 году свой доклад, исходила из позиции, что нельзя было не критиковать то, что в то время происходило в атомной отрасли России. Но не менее важно было выдвигать предложения и инициировать проекты, направленные на снижение ядерной и радиационной опасности и поддержание общественных инициатив и дискуссий о том, как и что надо сделать, чтобы устранить потенциальную ядерно-радиационную угрозу. Такой позиции «Беллона» придерживалась весь период своей деятельности, вплоть до 24 февраля 2022 года, когда работа организации в России была остановлена.

Введение

При подготовке в 2004 году доклада «Российская атомная промышленность: необходимость реформ» «Беллона», видя и анализируя те «сумерки», в которых тогда находился Минатом, задавала себе и другим вопрос – это сумерки перед «закатом» атомного ведомства, который прогнозировался антиатомным сообществом, или все же процесс функционирования Минатома пойдет как-то по-другому².

Атомная индустрия любой страны, её состояние, безопасность и развитие сильно зависят от политических решений руководства, экономики страны, а также от места государства в международной системе координат и от глобальной международной ситуации.

Начиная с конца 2005 года атомная отрасль России прошла достаточно большой и насыщенный событиями путь своего политического, экономического и функционального становления. С приходом в конце 2005 года нового руководства федерального агентства по атомной энергии начало преобразовываться в государственный холдинг, объединяющий в настоящее время около 360 предприятий и организаций, включая научные институты, организации ядерного оружейного комплекса и атомный ледокольный флот.

В данном докладе мы представляем обзор атомной отрасли России в настоящее время, т.е. на первую половину 2022 года. При этом авторы стараются учесть вызовы, которые появились в последнее время в результате начала полномасштабной войны России с Украиной, наложения на РФ международных санкций, новой мировой экономической и глобальной климатической ситуации, а также высказывают свое мнение о возможной дальнейшей перспективе функционирования российской атомной индустрии.

² https://bellona.ru/publication/red_report_rus/, сmp. 27

Глава 1. Место Государственной корпорации «Росатом» (далее Госкорпорация или Росатом) в государственной структуре России. В этой главе дается краткая характеристика Госкорпорации и её места в государственной структуре управления РФ, а также информация о том, как функционирует система управления атомным ведомством и его предприятиями. Основные данные по функционированию структуры управления Госкорпорацией, которые приведены в главе 1, соответствуют началу 2022 года. Однако следует учитывать, что Госкорпорация достаточно быстро развивается и преобразовывается, появляются новые задачи, а соответственно и новые управленческие структуры, которые должны решать эти задачи. Здесь приведена информация по основным организационным единицам Росатома, их составу и зонам ответственности. В главе также приводится обзор основных научных и учебных заведений, которые не входят в структуру Росатома, но с которыми постоянно взаимодействуют предприятия Госкорпорации.

Глава 2. Ядерный топливный цикл. Выполнен обзор состояния активов Росатома в ядерно-топливном цикле – добыче, конверсии, обогащении и фабрикации ядерного топлива, проведены оценки имеющихся мощностей и производственных показателей всех цепей поставок, технологических разработок и направлений развития отрасли.

Глава 3. Энергетические, исследовательские и транспортные реакторы. Даны описание и характеристики реакторов, используемых на атомных электростанциях различной модификации и конструкции. Проанализировано состояния энергоблоков АЭС, которые находятся в эксплуатации, строительстве и выводятся из эксплуатации.

Глава 4. Зарубежные проекты атомной отрасли России. Приведены данные о российских проектах по строительству атомных станций за рубежом, роли Росатома в мировых поставках ядерно-топливного цикла, научных и образовательных проектах.

Глава 5. Экономическая, экологическая и социальная составляющие деятельности Росатома. В этой главе выполнен обзор нынешних проектов Росатома, направленных на решение экологических и социальных вопросов. Приведены некоторые данные по экономическим и социальным показателям атомной отрасли за последние годы.

Глава 6. Особенности функционирования атомной отрасли в условиях войны и международных санкций. Дан краткий обзор ограничений и международных санкций, повлиявших на деятельность и реализацию внутренних и внешних проектов ГК «Росатом», а также на участие атомного ведомства в работе международных институтов и программ.

Глава I.

Структура атомной отрасли России

Место Государственной корпорации «Росатом» в государственной структуре России

В государстве, обладающем атомным оружием, атомное ведомство – это в первую очередь политический институт со своей спецификой, который обеспечивает решение не только энергетических и экономических проблем, но и основных вопросов государственной безопасности, создавая ядерное оружие.

В конце 2005 года руководителем федерального агентства «Росатом» был назначен Сергей Кириенко, относительно молодой, но уже опытный управленец и политик. Почти пять лет он проработал в администрации нынешнего президента РФ, занимая должность полномочного представителя президента РФ в Приволжском федеральном округе. Т.е. это был человек новой административно-политической системы, создаваемой в то время президентом Путиным, обладающий опытом работы в предыдущей, ельцинской структуре.

В 2007 году федеральное агентство «Росатом» было преобразовано в юридическую форму «государственная корпорация», то есть Росатом стал некоммерческой организацией, единственным учредителем которой являлась Российская Федерация. В это же время был принят закон о Государственной корпорации «Росатом», в котором было определено, что она создана для проведения государственной политики в области использования атомной энергии в мирных и военных целях. Таким образом, в итоге Росатом стал очень мощной бизнес-компанией, приватизировав активы атомной отрасли и частично других отраслей с важнейшими государственными функциями.

На сегодняшний день Росатом консолидировал все активы атомной промышленности: около 360 предприятий и организаций, где работают около 289 тыс. человек. Госкорпорация формально не входит в структуру какого-то правительственного министерства, а организационно замыкается на одном из вице-премьеров. Руководитель

Госкорпорации назначается (освобождается) президентом РФ.

В настоящее время, Госкорпорация «Росатом» является фактически одним из трех государственных политико-экономических столпов (наряду с нефтегазовым сектором и оружейно-промышленной Госкорпорацией «Ростех»), на которых держатся безопасность, экономика, выстраивается внешняя и внутренняя политика России. Оружие, которое производит ГК «Ростех», является главным товаром в области технологического экспорта России, и, согласно годовому отчету за 2021 год, зарубежная выручка ГК «Ростех» составила \$15 млрд. Зарубежная выручка Госкорпорации «Росатом» за тот же период – \$9 млрд, а нефтегазового сектора около – \$240 млрд.

Необходимо также отметить, что нынешняя система управления Росатомом построена так, что он фактически управляется администрацией президента, поскольку высший орган управления Госкорпорацией – ее наблюдательный совет, возглавляет одно из самых доверенных в настоящее время лиц президента Путина, первый заместитель руководителя администрации президента РФ Сергей Кириенко, т.е. сегодня Росатом по сути является частью административного аппарата президента России.

1.1. Управление атомной отраслью

Высшим органом управления Госкорпорацией является наблюдательный совет³. Наблюдательный совет утверждает стратегию Росатома, одобряет программы деятельности на долгосрочный период, финансовый план, порядок осуществления инвестиций в российские и иностранные организации и другие важные решения, а также назначает правление Госкорпорации и заключает трудовой договор с генеральным директором. Члены и председатель наблюдательного совета назначаются президентом РФ.

Коллегиальным исполнительным органом Госкорпорации является правление⁴. В состав правления входят генеральный директор Госкорпорации, его заместители, директора по государственной политике и некоторые руководители крупных дивизионов Росатома. Члены правления Госкорпорации назначаются и прекращают свои полномочия по решению ее наблюдательного совета по представлению генерального директора.

Правление разрабатывает проекты программы и финансового плана деятельности Госкорпорации на долгосрочный период, утверждает перечень проектов, которые финансируются за счет средств специальных резервных фондов Госкорпорации, утверждает порядок направления части прибыли, годовую бухгалтерскую отчетность учреждений Госкорпорации, а также осуществляет иные полномочия.

³ <https://rosatom.ru/about/management/supervisoryboard/>

⁴ <https://rosatom.ru/about/management/board/>

Единоличным руководителем в текущей деятельности Госкорпорации и её исполнительным органом является Генеральный директор, у которого есть четыре первых заместителя и девять заместителей. Генеральный директор назначается на должность указом президента РФ. С октября 2016 года эту должность занимает А.Е. Лихачев⁵.

Структура гражданской части Госкорпорации построена по принципу дивизиональной модели. Дивизион является организационной единицей, объединяет предприятия и организации Госкорпорации по определенным видам деятельности и направлениям бизнеса и осуществляет операционное управление организациями, входящими в его контур управления. В гражданской структуре Госкорпорации имеется семь основных бизнес-дивизионов – Горнорудный, Топливный, Машиностроительный, Электроэнергетический, Инжиниринговый, Дивизион «Экологические решения», а также дивизион «Сбыт и трейдинг».

Также в структуру Госкорпорации входят ряд инкубируемых бизнесов и отраслевых функциональных организаций, в контур владения (управления) которых включены различные предприятия атомной отрасли в зависимости от осуществляемых ими видов деятельности.

Кроме этого, функционируют несколько дирекций, которые управляют (координируют) некоторыми важными направлениями – это дирекция ЯОК (координирует и управляет предприятиями ядерного оружейного комплекса) и дирекция «Севморпуть» (координирует и управляет АО «Атомфлот» и другими организациями Северного морского пути – СМП).

Первые заместители и заместители генерального директора, как правило, являются руководителями или координаторами (кураторами) основных дивизионов и направлений.

В указанной структуре схема руководства, подчиненности и координации управления отдельными организациями и предприятиями Росатома выглядит достаточно сложно. Зачастую функции управления и координации дублируются, поэтому очень много предприятий и организаций находятся в двойном и даже в тройном подчинении. Это происходит потому, что одно и то же предприятие может выполнять различные работы и реализовывать проекты, которые касаются различных направлений деятельности Росатома, например ПО «Маяк» является исполнителем проектов и работы по направлениям ЯОК, Атомэнергопрома, дивизиона «Экологические решения» и других.

Кроме этого, в структуре центрального аппарата Госкорпорации «Росатом» есть ряд отдельных, но важных департаментов и управлений, которые, как правило, замыкаются на одного из заместителей генерального директора. В первую очередь это такие структурные подразделения как департамент коммуникаций, департамент по

⁵ <https://rosatom.ru/about/management/director/>

взаимодействию с регионами, департамент ядерной и радиационной безопасности, лицензионной и разрешительной деятельности, департамент международного сотрудничества, департамент внутреннего контроля и аудита, департамент управления персоналом и ряд других.

Активы, научные и образовательные учреждения Госкорпорации

Как отмечалось выше, атомное ведомство России представляет собой многопрофильный холдинг, владеющий активами и компетенциями во всех звеньях производственно-технологической цепочки атомной энергетики: геологоразведка и добыча урана, конверсия и обогащение урана, фабрикация ядерного топлива, проектирование и строительство АЭС, машиностроение, генерация электрической энергии, вывод ядерных объектов из эксплуатации, обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами.

Кроме этого, в настоящее время в сферу деятельности Госкорпорации «Росатом» входит производство инновационной ядерной и неядерной продукции, проведение научных исследований, развитие Северного морского пути и экологических проектов, включая создание экотехнопарков и государственной системы обращения с опасными промышленными отходами.

В последнее время Росатом активно развивает новые направления бизнеса, такие как ветроэнергетика, ядерная медицина, перспективные материалы и технологии, цифровые продукты, инфраструктурные решения, аддитивные технологии и накопители энергии, автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) и электротехника, экологические решения и другие направления.

1.2. Горнорудный дивизион

Горнорудный дивизион Госкорпорации «Росатом» (управляющая компания – АО «Атомредметзолото» – АРМЗ) управляет уранодобывающими активами, расположенными в Забайкальском крае (ПАО «ППГХО»), Республике Бурятия (АО «Хиагда»), Курганской области (АО «Далур»), а также через другие дивизионы владеет и управляет месторождениями урана за границей.

Кроме этого, в состав Уранового холдинга АРМЗ входят проектируемые предприятия – АО «Первая горнорудная компания» (проект «Павловское»), АО «Эльконский ГМК», АО «Лунное», АО «УДК «Горное».

В число предприятий, обслуживающих деятельность горнорудного дивизиона, входят организации по производству тепловой и электрической энергии, серной кислоты, горно-шахтного оборудования (ПАО «ППГХО»), а также организации, осуществляющие бурение и геологоразведочное сопровождение (АО «РУСБУРМАШ»), инжиниринг и научные исследования (АО «ВНИПИпромтехнологии»).

Помимо добычи урана, Горнорудный дивизион активно развивает неурановые направления бизнеса, среди которых – попутная добыча скандия (АО «Далур»), добыча бурого угля (ПАО «ППГХО»), проектирование производственного комплекса на базе Павловского свинцово-цинкового месторождения (архипелаг Новая Земля), проекты по освоению золоторудных месторождений АО «Эльконский ГМК» (Республика Саха Якутия) и некоторые другие ^{6,7}.

1.3. Топливный дивизион

Топливный дивизион Госкорпорации «Росатом» (управляющая компания – АО «ТВЭЛ») – единственный поставщик ядерного топлива для реакторов различного назначения, работающих в России, а также для некоторых реакторов, работающих за рубежом. По данным АО «ТВЭЛ», компания поставляет топливо для исследовательских реакторов в девяти странах мира ⁸ и обеспечивает ядерным топливом 75 энергетических реакторов⁹, т.е. почти каждый шестой реактор АЭС в мире из 422 действующих на конец 2022 года¹⁰.

По данным «Беллоны», из этих 75 реакторов 37 находятся на АЭС России и еще 38 реакторов в 11 странах (см. подробнее раздел 4.3) – в Чехии, Словакии, Венгрии, Болгарии, Финляндии, Беларуси, Армении, Иране, Индии, Китае и Украине. Однако последняя с 2022 года полностью отказалась от поставок российского ядерного топлива¹¹.

Топливный дивизион также поставляет широкий спектр неядерной продукции и услуг по таким направлениям, как металлургия, химия, машиностроение, аддитивные технологии и накопители энергии. Росатом полагает, что оптимальным организационным форматом по развитию неядерных бизнесов для топливного дивизиона является создание отраслевых интеграторов.

⁶ https://www.report.rosatom.ru/go/rosatom/go_rosatom_2021/rosatom_2021_ru.pdf

⁷ https://report.rosatom.ru/go/2021/armz_2021.pdf

⁸ <https://tvel.ru/activity/nuclear-products/nuclear-fuel/fuel-for-research-reactors/>

⁹ https://www.report.rosatom.ru/go/rosatom/go_rosatom_2021/rosatom_2021_ru.pdf

¹⁰ <https://pris.iaea.org/pris/>

¹¹ <https://www.reuters.com/article/ukraine-crisis-nuclear-fuel-idUSR4N2V1019>

Табл. 1. Активы топливного дивизиона

Разделительно-сублиматный комплекс (обогащение и конверсия урана)	
Ангарский электролизный химический комбинат (АО «АЭХК»), г. Ангарск, Иркутская область	Предприятие по производству гексафторида урана, используемого для изготовления ядерного топлива атомных электростанций, активно развивает перспективные направления по производству новых видов продукции.
ПО «Электрохимический завод» (АО «ПО ЭХЗ»), Закрытое административно-территориальное образование (ЗАО) Зеленогорск, Красноярский край	Предприятие выпускает низкообогащенный уран, стабильные и радиоактивные изотопы различных химических элементов, осуществляет хранение и переработку обедненного гексафторида урана (ОГФУ), попутно получая фтористоводородную кислоту и безводный фтористый водород, а также ряд других высокотехнологичных товаров.
Сибирский химический комбинат (АО «СХК»), ЗАО Северск, Томская область	Производственное ядро АО «СХК» составляют четыре завода по обращению с ядерными материалами: завод разделения изотопов, сублиматный, радиохимический, химико-металлургический. На площадке АО «СХК» реализуется стратегический проект Госкорпорации «Росатом» «Прорыв».
Уральский электрохимический комбинат (АО «УЭХК»), ЗАО Новоуральск, Свердловская область	Крупнейшее предприятие по обогащению урана. В технологических корпусах УЭХК сосредоточено 48% разделительных мощностей России. На базе комбината создан Центр обогащения урана – совместное предприятие с НАК «Казатомпром».
Комплекс фабрикации ядерного топлива	
Машиностроительный завод (АО «МСЗ»), г. Электросталь, Московская область	Предприятие по производству ядерного топлива для атомных электростанций и судовых реакторных установок. Кроме того, предприятие осуществляет изготовление специальных упаковочных контейнеров для перевозки ядерного топлива, выпуск нестандартного оборудования и оснастки.
Новосибирский завод химконцентратов (ПАО «НЗХК») г. Новосибирск	Предприятие специализируется на фабрикации топливных кассет для энергетических реакторов ВВЭР-1000, реакторов зарубежного дизайна PWR, а также для исследовательских реакторов в России и за рубежом. Помимо этого, ПАО «НЗХК» является производителем металлического лития и его солей, а также цеолитных катализаторов, которые широко применяются в нефтегазовой промышленности.
Чепецкий механический завод (АО «ЧМЗ»), г. Глазов, Удмуртская Республика	Производит изделия из циркония и его сплавов. Основное направление деятельности АО «ЧМЗ» – производство циркониевых оболочек для тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов), из которых формируются кассеты ядерного топлива. Предприятие также развивает производство продукции из титановых сплавов, металлического кальция, гафния.
Московский завод полиметаллов (АО «МЗП»), г. Москва	В настоящее время основным направлением деятельности завода является разработка, производство и реализация продукции специального назначения.

Газоцентрифужный комплекс	
Ковровский механический завод (ПАО «КМЗ»), г. Ковров, Владимирская область	Предприятие серийно производит газовые центрифуги для нужд сублиматно-разделительных мощностей Топливной компании «ТВЭЛ». В настоящее время ПАО «КМЗ» изготавливает газовые центрифуги девятого поколения – высокопроизводительное оборудование для разделения изотопов урана.
Владимирское ПО «Точмаш» (АО «ВПО «Точмаш»), г. Владимир	На предприятии осуществляется производство комплектующих для газовых центрифуг, продукции для хранилищ отработавшего ядерного топлива, а также изделий общепромышленного назначения.
Научно-производственное объединение «Центротех» (ООО «НПО «Центротех»), ЗАТО Новоуральск, Свердловская область	НПО «Центротех» производит целый спектр перспективных видов продукции – от 3D-принтеров до накопителей электроэнергии.
Научно-конструкторский комплекс	
Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара (АО «ВНИИНМ»), г. Москва	Ведущий научно-исследовательский институт по проблемам материаловедения и технологий ядерного топливного цикла для всех видов реакторов. На АО «ВНИИНМ» возложены функции Центральной головной организации метрологической службы Госкорпорации «Росатом».
Центральный проектно-технологический институт (АО «ЦПТИ»), г. Москва	Интегрированная компания, консолидирующая проектно-конструкторские подразделения предприятий Топливной компании «ТВЭЛ».
Отраслевые интеграторы	
ООО «РусАТ»	Специализированный интегратор аддитивных технологий в атомной отрасли. Основная деятельность компании включает: производство 3D-принтеров, создание металлических порошков для 3D-печати, разработку комплексного программного обеспечения для аддитивных систем, а также выполнение услуг 3D-печати и внедрения аддитивных технологий в производство.
ООО «РЭНЕРА»	Отраслевой интегратор в области систем накопления энергии. Профиль деятельности компании – производство катодных материалов для литий-ионных аккумуляторов и накопителей энергии. В сферу деятельности компании входит производство литий-ионных аккумуляторов для телекоммуникационных систем, источников бесперебойного питания, систем накопления энергии, электротранспорта, железных дорог, батарей для космического применения и других направлений.
АО «РусВэллГруп»	Интегратор отраслевых решений для топливно-энергетического комплекса. Деятельность компании направлена на создание и развитие технологий, продуктов и услуг, востребованных в сфере энергетики и освоения природных ресурсов.
ООО «Русатом МеталлТех»	Дивизионный интегратор по направлению «Металлургия».

1.4. Машиностроительный дивизион

Машиностроительный дивизион (управляющая компания – «АО «Атомэнергомаш») входит в состав Госкорпорации «Росатом» и является основным поставщиком ключевого и вспомогательного оборудования на строящиеся АЭС российского дизайна. Дивизион включает инжиниринговые, проектно-конструкторские центры, крупнейшие энергомашиностроительные и металлургические комплексы, а также научно-исследовательские и материаловедческие организации на территории России, СНГ и стран Европейского Союза.

Табл. 2. Производственные активы «АО «Атомэнергомаш»

Металлургические предприятия, реакторное оборудование	
Филиал АО «АЭМ-технологии», г. Петрозаводск, Республика Карелия	Изготовление длинноциклового оборудования реакторной установки АЭС. Производство различных сосудов, работающих под давлением, паровых и водогрейных котлов, трубопроводов пара и горячей воды.
АО «ЗиО-Подольск», г. Подольск, Московская область	Изготовитель теплообменного оборудования для предприятий ТЭК: атомных и тепловых электростанций, нефтяной и газовой промышленности, а также для судостроения.
Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш», г. Волгодонск, Ростовская область	Основной поставщик оборудования для предприятий атомной промышленности, нефтегазового комплекса, тепловой энергетики.
Турбинное, насосное оборудование, арматура и трубопроводы	
ООО «Турбинные технологии ААЭМ», г. Санкт-Петербург	Производство паровых турбин и генераторов в диапазоне мощности 1000-1800 МВт по тихоходной технологии Arabelle, интеграция и комплектная поставка оборудования машинного зала АЭС с российским типом реактора ВВЭР.
Атомтрубопроводмонтаж (АО «АТМ»), г. Москва	Изготовление деталей, сборочных единиц и блоков трубопроводов высокого и низкого давления из сталей перлитного и аустенитного классов для АЭС российского дизайна.
АО «ЦКБМ», г. Санкт-Петербург	Единственный в России разработчик и изготовитель главных циркуляционных насосов для реакторов ВВЭР. Кроме этого, проектирует и производит практически все виды насосов, использующихся на АЭС, а также дистанционно управляемое оборудование для работы с радиоактивными материалами.
Научно-исследовательские институты и опытно-конструкторские бюро	
АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», г. Подольск, Московская область	Осуществляет комплекс конструкторских, расчетно-теоретических, экспериментально-исследовательских и производственных работ по созданию реакторных установок РУ для АЭС различных типов.
АО «ЦКБМ», г. Санкт-Петербург	Разработчик и конструктор насосов и перегрузочного оборудования.
АО «НПО «ЦНИИТМАШ», г. Москва	Головная металлургическая организация ГК «Росатом».

АО «ОКБМ Африкантов», г. Н. Новгород	Выполняет весь комплекс работ по созданию различных типов реакторных установок и оборудования для АЭС, включая разработку конструкторской документации, выполнение необходимых расчётов, научно-исследовательские работы (НИР) и опытно-конструкторские работы (ОКР), изготовление и испытания опытных образцов с отработкой промышленной технологии производства, изготовление и монтаж штатного оборудования, его пусконаладку и ввод в эксплуатацию, сервисное обслуживание оборудования на действующих объектах, снятие с эксплуатации.
АО «АЭМ-технологии», г. Санкт-Петербург	Инжинирговая компания. Производство ядерных реакторов и их составных частей, в том числе для транспортных реакторов.
АО «СвердНИИХиммаш», Ог. Екатеринбург	Выполняет НИР и ОКР при создании новых образцов оборудования для машиностроительного дивизиона ГК «Росатом».

1.5. Электроэнергетический дивизион

Электроэнергетический дивизион Госкорпорации «Росатом» (управляющая компания – АО «Концерн Росэнергоатом») является оператором атомных электростанций в России. Основной вид деятельности электроэнергетического дивизиона – производство электрической и тепловой энергии атомными станциями и выполнение функций эксплуатирующей организации ядерных установок (атомных станций), радиационных источников, пунктов хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ.

В состав электроэнергетического дивизиона входят 10 действующих атомных электростанций (Балаковская АЭС, Белоярская АЭС, Билибинская АЭС, Калининская АЭС, Кольская АЭС, Курская АЭС, Ленинградская АЭС, Нововоронежская АЭС, Ростовская АЭС, Смоленская АЭС), а также ПАТЭС «Академик Ломоносов», дирекции строящихся АЭС, филиал по реализации капитальных проектов, технологический филиал, опытно-демонстрационные инженерные центры по выводу из эксплуатации атомных объектов (ОДИЦ ВВЭР и ОДИЦ РБМК), Инженерный центр «Аккую» (Турция), а также 20 дочерних обществ и более 20 контролируемых организаций, в том числе АО «Атомэнергоремонт», АО «Атомтехэнерго», АО «ВНИИАЭС», ООО «Энергоатоминвест», АО «КОНСИСТ-ОС», АО «Атомдата-Центр», АО «КОНЦЕРН ТИТАН-2» и несколько других организаций.

1.6. Дивизион «Экологические решения»

В контур дивизиона «Экологические решения» входят следующие организации и предприятия:

- Дирекция по ядерной и радиационной безопасности
- АО «Опытно-демонстрационный центр уран-графитовые реакторы» («ОДЦ УГР»), г. Северск
- ФЯО ФГУП «Горно-химический комбинат», г. Железногорск
- ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» (ФГУП «НО РАО»)
- ФГУП «Федеральный экологический оператор» (ФГУП ФЭО)
- ФГУП «РАДОН»

Кроме этого, в состав Дивизиона входит 19 филиалов и отделений, которые расположены в различных регионах России.

Основной задачей Дивизиона является реализация федеральной целевой программы «Ядерная и радиационная безопасность», федеральных проектов «Инфраструктура для обращения с отходами I-II классов опасности», «Чистая страна», «Сохранение озера Байкал». Кроме этого, ФГУП «РАДОН» (предприятие Дивизиона) определен специализированным отраслевым оператором по управлению «ядерным наследием».

1.7. Инжиниринговый дивизион

Инжиниринговый дивизион Госкорпорации «Росатом» объединяет следующие компании и предприятия атомной отрасли:

- акционерное общество «Атомстройэкспорт» (АО «АСЭ», г. Нижний Новгород),
- акционерное общество «Атомэнергопроект» (Объединенный проектный институт, включающий Московский, Санкт-Петербургский и Нижегородский филиалы) и дочерние организации.

Ключевыми организациями Дивизиона являются АО «АСЭ» и АО «Атомэнергопроект».

Основными направлениями деятельности Инжинирингового дивизиона являются проектирование и строительство АЭС большой мощности в России и на международных рынках, а также разработка цифровых технологий для управления сложными инженерными объектами.

1.8. Дивизион «Сбыт и трейдинг»

Управляющей организацией дивизиона «Сбыт и трейдинг» является АО «Техснабэкспорт» (TENEX).

В контур Дивизиона входят АО «ЛЦ ЯТЦ», АО «СПб «ИЗОТОП», ООО «Краун», АО «Ураниум Уан Групп» (Uranium One Group), а также зарубежные дочерние общества АО «Техснабэкспорт» и компании Группы АО «Ураниум Уан Групп»: INTERNEXCO GmbH (Швейцария), TENEX-Korea Co., Ltd. (Республика Корея), TENEX-JAPAN Co. (Япония), TRADEWILL LIMITED (Великобритания), TENEX-USA, Incorporated (США).

Единственным акционером АО «Техснабэкспорт» является Акционерное общество «Атомный энергопромышленный комплекс».

Основной задачей Дивизиона является продвижение российских товаров и услуг ядерного топливного цикла на зарубежные рынки. Приоритетными направлениями деятельности Дивизиона являются поставки за рубеж продукции ядерного топливного цикла (ЯТЦ), продвижение решений для зеленой энергетики (твердое биотопливо, РЗМ и др.) и транспортно-логистические услуги.

1.9. Дирекция ядерного оружейного комплекса (ЯОК)

Дирекция ядерного оружейного комплекса Госкорпорации «Росатом» обеспечивает проведение государственной политики в области развития атомной отрасли, выполнение заданий государственной программы вооружения и государственного оборонного заказа.

Ведущим предприятием ядерного оружейного комплекса России является ПО «Маяк», где нарабатываются и хранятся запасы оружейного урана и плутония для изготовления ядерных боеприпасов.

Кроме этого, в контур Дирекции ЯОК входят два ядерных центра:

- Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина (РФЯЦ-ВНИИТФ, Снежинск, Челябинская обл.). В качестве филиала к институту присоединено ФГУП «Всероссийский электротехнический институт имени Ленина». Главная задача ВНИИТФ – решение научно-технических проблем, связанных с обеспечением и сохранением надежности и безопасности ядерного оружия. Сегодня в ВНИИТФ поддерживаются и развиваются 35 базовых критических технологий ядерного оружейного комплекса РФ.
- Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (РФЯЦ-ВНИИЭФ, Саров, Нижегородской обл.). В составе РФЯЦ-ВНИИЭФ пять институтов: теоретической и математической физики, лазерно-физических исследований, экспериментальной газодинамики и физики взрыва, ядерной и радиационной физики, цифровых технологий; научно-производственный центр физики; четыре конструкторских бюро и производственно-технологический комплекс, объединяющий два завода и технологический центр. Филиал ядерного центра ФГУП «Научно-исследовательский институт измерительных систем им. Ю.Е. Седакова» – расположен в Нижнем Новгороде.

Сегодня ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» – крупный многопрофильный научно-технологический центр, основной задачей которого является обеспечение надежности и безопасности ядерного арсенала России. Кроме этого, ядерный центр развивает гражданские направления деятельности, включая лазерные, суперкомпьютерные и информационные технологии; разработки в сфере медицины и освоения космоса.

К подведомственным предприятиям Дирекции ЯОК также относятся:

- ФГУП «Координационный Центр по созданию систем безопасности и управления «Атомбезопасность» Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» (ФГУП КЦ «Атомбезопасность», г. Сергиев Посад);
- ФГУП «Научно-технический и сертификационный центр по комплексной защите информации» (ФГУП Центр «Атомзащитаинформ», г. Москва);
- ФГУП «Специальное научно-производственное объединение «Элерон» (ФГУП «СНПО «Элерон», г. Москва);
- ФГУП «Ведомственная охрана Росатома» (ФГУП «Атом-охрана», г. Москва).

1.10. Дирекция «Севморпуть»

Госкорпорация «Росатом» наделена функциями инфраструктурного оператора Северного морского пути и отвечает за организацию судоходства на СМП, строительство инфраструктурных объектов, навигационно-гидрографическое обеспечение и систему безопасности мореплавания в тяжелых арктических условиях. Корпорация является куратором федерального проекта «Развитие Северного морского пути», входящего в Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года и руководителем федерального проекта «Северный морской путь – 2030» государственной программы РФ «Развитие атомного энергопромышленного комплекса».

Ведущим предприятием Дирекции является ФГУП «Атомфлот», обладающее статусом федеральной ядерной организации. Функцию навигационно-гидрологического обеспечения (НГО) судоходства по северному морскому пути выполняет ФГУП «Гидрографическое предприятие», входящее в состав Дирекции.

В настоящее время в составе ФГУП «Атомфлот» находится 31 судно (7 судов с ЯЭУ, 5 судов атомного технологического обеспечения, 19 других судов и плавсредств) и 10 береговых объектов по обращению с радиоактивными материалами.

1.11. Наука и образование

В 2021 году расходы Росатома на научные исследования составляли 45,6 млрд рублей.

В соответствии с решением Правительства РФ, в Госкорпорации актуализирована Программа инновационного развития и технологической модернизации на период до 2030 года (далее – ПИР).

Проекты ПИР сгруппированы по тематическим разделам:

- Стратегические направления (научно-технологического развития государственного значения). Ключевые проекты и мероприятия – закрытый ядерный топливный цикл (ЗЯТЦ), управляемый термоядерный синтез, малые атомные реакторы, повышение экологичности атомного производства;
- Приоритетные проектные (направления научно-технологического развития). Ключевые проекты и мероприятия – проект «Прорыв», развитие технологий ВВЭР, АЭС малой мощности, переработка ОЯТ, лазерные технологии, термоядерные и плазменные технологии, ядерная медицина, сверхпроводимость, водородная энергетика;
- Приоритетные инновационные проекты и мероприятия по цифровой трансформации;

Многие специализированные научно-исследовательские институты (НИИ) входят в контур перечисленных выше дивизионов Госкорпорации. Кроме этого, в научный дивизион Росатома входит 12 научно-производственных компаний, в том числе АО «ГНЦ НИИАР», АО «ИРМ», АО «ГНЦ РФ – ФЭИ им. А.И. Лейпунского», АО «НИИ НПО «ЛУЧ», АО «НИИГрафит», АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», АО «НИИП, АО «ВНИИХТ», АО «ГИРЕДМЕТ», АО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина».

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы для Госкорпорации по разным направлениям выполняют неотраслевые научные организации (в основном организации РАН) – НИЦ «Курчатовский институт», Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, Объединенный институт ядерных исследований, Объединенный институт высоких температур РАН, Институт проблем химической физики РАН, Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Федеральный исследовательский центр «Институт прикладной физики РАН».

В число основных участников реализации научно-образовательных проектов Росатома входят институты министерства образования РФ: НИЯУ МИФИ, МИСиС, НГТУ им. Р.Е. Алексеева, ННГУ им. Н.И. Лобачевского, СПбПУ Петра Великого, Томский политехнический университет, МГТУ им. Н.Э. Баумана, МЭИ, Уральский федеральный университет, МГСУ, МГУ им М.В. Ломоносова. Кроме этого, практически все политехнические институты и университеты России имеют кафедры, где готовят специалистов для атомной отрасли.

Резюмируя вышеизложенное, можно отметить несколько важных фактов и тенденций, касающихся сегодняшнего положения атомного ведомства. Нынешний Росатом – это один из личных проектов Владимира Путина. За двадцать лет правления путинская администрация не только вернула атомному ведомству ту мощь и значимость, которая была у советского Минсредмаша, но и значительно расширила его задачи, а следовательно – экономические и административные ресурсы. В то же время, создав новую юридическую форму «государственная корпорация» и приняв для неё отдельный закон, государство дало возможность атомному ведомству не только выполнять государственные оборонные программы, но и превратиться в мощную бизнес-структуру, которая сегодня присутствует на международных рынках и владеет иностранными активами.

Внутри России Госкорпорация «Росатом» благодаря оборонной, технологической и экономической составляющим занимает ведущее место по своей значимости для государства, а близость руководителя атомного ведомства к президенту РФ дает дополнительные возможности и защищает отрасль от экономических и политических конкурентов и недоброжелателей.

Госкорпорация остается практически единственным ведомством в России, обладающим технологиями и ресурсами, сравнимыми с ресурсами развитых стран. Поэтому атомная индустрия не очень сильно зависит от проблемы «импортозамещения», которая при нынешней геополитической ситуации является для многих российских компаний и предприятий особо актуальной. В то время, как потенциал других ведущих корпораций и компаний России (Газпрома, Роснефти и т.д.) держится практически только на эксплуатации природных ресурсов, которые они добывают и продают, потенциальный резерв Росатома сосредоточен в технологиях, производственных мощностях и в науке.

Глава II.

Ядерный ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ

Ядерный топливный цикл – это совокупность технологических процессов обращения с ядерными материалами, начиная с добычи природного урана, включая такие процессы как конверсия урана, его обогащение, фабрикация топлива, извлечение ядерной энергии в реакторах, и заканчивая обращением с отработавшим ядерным топливом. Существует два вида топливного цикла: разомкнутый (открытый) и замкнутый (закрытый).

Открытый топливный цикл предполагает однократное использование ядерных материалов без переработки ОЯТ.

В замкнутом топливном цикле ОЯТ перерабатывают, извлекают из него ядерные материалы, уран и плутоний, и повторно используют их в качестве топлива.

В настоящее время Россия имеет все технологические элементы открытого топливного цикла, которые использует как для собственных нужд, так и для оказания услуги на экспорт, за исключением инфраструктуры для захоронения высокоактивных РАО как конечного звена любого топливного цикла. В то же время Росатом настойчиво работает над постепенным замыканием топливного цикла, придавая этому особый смысл и будучи уверенным в возможности решения этой задачи.

Основные предприятия ядерного-топливного цикла, за исключением добывающих, входят в структуру топливного дивизиона Госкорпорации «Росатом».

2.1. Добыча урана

Добычей урана на территории России занимается горнорудный дивизион ГК «Росатом» (управляющая компания АО «Атомредметзолото» – АРМЗ). Добыча ведется на трех предприятиях – в Забайкальском крае (ПАО «ППГХО»), Республике Бурятия (АО «Хиагда») и в Курганской области (АО «Далур»).

Суммарная добыча урана по итогам 2021¹² года составила 2635 т, что примерно на 7% меньше, чем годом ранее. Кроме того, имеется крупное и перспективное месторождение «Эльконское» в Якутии, где разработки пока еще не ведутся.

Табл 3. Данные по объемам добычи, запасам и способам добычи на предприятиях АРМЗ

Предприятие	Доля добычи АРМЗ в 2021	Метод добычи	Объем запасов ¹³ на 1 января 2022, тыс. т
ПАО «ППГХО»	44 % ¹⁴ (1 159 т)	Шахтный	95,4
АО «Хиагда»	35% (395 т)	Подземное выщелачивание	33,5
АО «Далур»	21% ¹⁵ (264 т)	Подземное выщелачивание	12,7
АО «Эльконский ГМК»	-	Добыча не ведется	357,1
Всего	2635 т		499,9

В настоящее время из экономических соображений около 50% урана добывается методом подземного выщелачивания. Однако, по оценкам IAEA и NEA¹⁶, изложенным в [Red Book 2020](#), лишь 4% разведанных запасов урана в России можно отнести к легкоизвлекаемым со стоимостью добычи менее \$ 80 за тонну урана.

Следует заметить, что ежегодные потребности атомной энергетики России в уране составляют, по разным оценкам, около 5000⁵т – 5500 т¹⁷ и не покрываются добычей на своей территории. Кроме того, Росатом поставляет еще не менее 5000 тонн ура-

¹² https://www.report.rosatom.ru/go/rosatom/go_rosatom_2021/rosatom_2021_ru.pdf

¹³ https://report.rosatom.ru/go/2020/armz_2020.pdf, Годовой отчет АРМЗ за 2020 год

¹⁴ https://priargunsky.armz.ru/images/File/priargunsky/newspaper/gornyak_1s.pdf, сmp. 4

¹⁵ <https://www.armz.ru/press-tsentr/novosti/2593-gornorudnyj-divizion-podvel-itogi-2021-g>

¹⁶ *Uranium 2020: Resources, Production and Demand. NEA and IAEA RED BOOK*

¹⁷ *Russia's Nuclear Fuel Cycle. World Nuclear Association. 2021*

на ежегодно в США и страны ЕС (см. раздел 4.3.). Суммарная добыча урана в России и за границей, в основном в Казахстане, компаниями АРМЗ и Uranium One, входящими в Росатом, в 2021 году составила всего 7100 т.

Поэтому Росатом активно использует вторичные топливные источники, такие как обедненный уран в виде накопленных запасов ОГФУ (см. подробнее раздел 2.2), регенерированный уран, который получают при переработке отработавшего топлива, а также работает над замыканием топливного цикла для расширения топливной базы в будущем (см раздел 2.4.). Точные объемы ежегодной добычи урана из вторичных источников на сегодняшний день неизвестны. Скорее всего они являются переменными и зависят от экономической целесообразности дообогащения урана, мировых цен на уран и загруженности российских обогатительных мощностей. По некоторым оценкам¹⁸, Россия может получать из вторичных источников до 5800 т эквивалента природного урана в год. Также нельзя исключать, что Россия закупает недостающий уран на свободном рынке.

2.2. Конверсия и обогащение урана

Под **конверсией урана** в ядерном топливном цикле понимается процесс перевода закиси-оксида урана, полученной при добыче урановой руды, в гексафторид урана, пригодный для обогащения.

В настоящее время конверсией урана в России занимается один из заводов Сибирского химического комбината (АО «СХК», г. Северск). По оценкам WNA, в 2020 году мощности по конверсии завода в Северске составляли 12500 т урана в год¹⁹, а его загрузка – более 95%. Этот завод активно работает на экспорт и покрывает около трети всех мировых потребностей в конверсии.

Обогащение урана (разделение изотопов) – процесс получения урана с повышенным содержанием изотопа уран-235 (обогащенного уранового продукта – ОУП) от природного уровня в 0,071% до около 5%, необходимых для использования в качестве ядерного топлива.

При этом в процессе обогащения образуется и побочный продукт – обедненный по 235-му изотопу уран. В России он рассматривается как вторичный топливный ресурс. К настоящему времени в России накоплено более 1 млн т гексафторида обедненного урана²⁰. Это наследие как военной, так и мирной атомной программ СССР и России, включая и побочные продукты оказания услуг обогащения урана и дообогащения обедненного урана зарубежным заказчикам, в первую очередь европейским. Напри-

¹⁸ <https://euratom-supply.ec.europa.eu/system/files/2022-12/Euratom%20Supply%20Agency%20-%20Annual%20report%202021%20-%20Corrected%20edition.pdf>, сmp. 63

¹⁹ <https://world-nuclear.org/getmedia/9a2f9405-1135-407a-85c8-480e2365bee7/nuclear-fuel-report-2021-expanded-summary.pdf.aspx>, сmp. 32

²⁰ <http://www.ueip.ru/ekologicheskaya-politika/Documents/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%203%20-%20%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0%20%D0%9E%D0%93%D0%A4%D0%A3.pdf>

мер, около 100 тыс. т ОГФУ из этих запасов – это результат выполнения контрактов на дообогащение урана с компаниями Eurodif и Urenco²¹ с 1996 по 2014 годы. До конца 2022 года должен был быть выполнен новый контракт от 2018 года²² с компанией Urenco, в результате которого в России останется еще около 10 тыс. т ОГФУ, в первую очередь из Германии. Данных о выполнении этого контракта нет.

Начиная с 1992²³ года Россия отказалась от энергозатратного газодиффузионного способа обогащения урана и в настоящее время полностью перешла на более эффективный метод обогащения с использованием газовых центрифуг.

В настоящее время страна обладает около 40% мировых мощностей по обогащению урана. Точные цифры назвать сложно, поскольку они не раскрываются публично, а на обогатительных заводах постоянно идет модернизация и замена старых поколений центрифуг на новые, более производительные.

Россия сегодня использует центрифуги собственной разработки. Их разработкой и изготовлением занимаются три предприятия²⁴: ПАО «КМЗ» (г. Ковров), АО «ВПО «Точмаш» (г. Владимир) и ООО «НПО «Центротех» (г. Новоуральск).

С 2012 года на комбинатах идет внедрение 9-го поколения центрифуг²⁵, а с 2017-го – уже поколения 9+²⁶. Обычно новые поколения центрифуг отличаются большей производительностью и меньшим энергопотреблением.

Табл. 4. Предприятия по обогащению урана, работающие на данный момент в России

Предприятие	Город расположения	Мощность, млн ЕРР*/год (%)
Уральский электрохимический комбинат (УЭХК)	Новоуральск, Свердловская область	10
Электрохимический завод (ЭХЗ)	Зеленогорск, Красноярский край	8,7 (идет расширение до 12 ²⁷)
Сибирский химический комбинат (СХК)	Северск, Томская область	3
Ангарский электрохимический комбинат (АЭХК)	Ангарск, Иркутская область	2,6
Всего		23,4 (27,6*)

* ЕРР – единица работы по разделению изотопов (англ. Separative work unit, SWU), в частности, по обогащению урана.

²¹ <https://greenpeace.ru/wp-content/uploads/2019/10/Minatom-to-mitrokhin-lettre.pdf>

²² <https://dserver.bundestag.de/btp/19/19117.pdf>

²³ <https://www.ecp.ru/activity/nuclear/uran>

²⁴ <https://www.tvel.ru/about-company/struktura-toplivnoy-kompanii/gazotsentrifuzhnyy-kompleks/>

²⁵ <https://www.tvel.ru/about-company/history/>

²⁶ http://www.chmz.net/press/mass-media/element/element_12_2017.pdf

²⁷ <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/russia-nuclear-fuel-cycle.aspx>

На Уральский электрохимический комбинат (УЭХК) в настоящее время приходится около 40% разделительных мощностей России и около 20% мировых мощностей. Комбинат имеет возможность проводить обогащение обедненного урана до уровня природного, природного урана – до уровня 4-5%, используемого на большинстве АЭС, и до 30% для топлива быстрых реакторов. УЭХК активно задействован в работах по дообогащению накопленных запасов ОГФУ и экспортных контрактах. Именно УЭХК проводил обогащение европейского ОГФУ по контракту от 2018 года с компанией Urenco Enrichment Company Ltd, который предполагал обогащение до природного эквивалента около 12 000 т ОГФУ²⁸ в течение 2019-2022 годов.

УЭХК также стал первым обогатительным комбинатом России с иностранной долей владения. В 2013 году 25%²⁹ его акций были переданы во владение созданному российско-казахстанскому «Центру обогащения урана» («ЦОУ»). Однако в 2020 году казахстанский «НАК «Казатомпром» продал свою 50-процентную долю в «ЦОУ» российскому АО «ТВЭЛ», вернув тем самым УЭХК обратно под полный российский контроль³⁰.

Электрохимический завод (ЭХЗ) в Зеленогорске имеет сопоставимые с УЭХК мощности и в последние годы наращивает их. По обозначенным ранее планам его мощности собирались довести до 12 млн ЕРР/год. С 2019 года на нем устанавливают центрифуги последнего поколения 9+³¹, в 2021 году введены 5 новых пусковых участков³². Помимо обогащения урана ЭХЗ занимается получением на центрифугах стабильных изотопов для различных областей промышленности и медицины.

С 2009 года на ЭХЗ действует единственная в России установка W-ЭХЗ по конверсии ОГФУ в закись-окись обедненного урана с получением фторсодержащих продуктов. Мощность установки – 10 тыс. т ОГФУ в год, за все время на ней было переработано более 100 тыс. т ОГФУ. В 2023 году планируется к запуску вторая установка аналогичной мощности W2-ЭХЗ, поставленная компанией Orano³³.

Сибирский химический комбинат (СХК) отличается от остальных тем, что специализируется на работе с регенерированным ураном, его очисткой и обогащением, а также занимается конверсией урана и производством гексафторида урана для всех обогатительных комбинатов России и для зарубежных заказчиков. В настоящий момент действуют минимум два контракта. Один – с компанией Orano на поставку в Россию 1150 т³⁴ регенерированного урана для собственных нужд Росатома, с поставками

²⁸ https://dserver.bundestag.de/btp/19/19117.pdf_cmp.14363

²⁹ https://jv-uec.ru/o_tsentre/istoriya

³⁰ https://www.kazatomprom.kz/ru/media/view/kazatomprom_zavershil_sdelku_po_prodazhe_doli_vladeniya_v_ao_tsou

³¹ <https://www.atomic-energy.ru/news/2020/03/27/102458>

³² <https://newslab.ru/article/1075574>

³³ <https://www.ecp.ru/node/4082>

³⁴ <https://www.orano.group/en/unpacking-nuclear/recycled-uranium-an-energy-source-for-low-carbon-electricity>

в 2021 и 2022 году. И второй контракт, подписанный в 2018 году с компанией EDF³⁵, на поставку в Россию для переработки и обогащения регенерированного урана из Франции с последующим возвратом обогащенного продукта для использования в качестве топлива на АЭС EDF. Стоимость контракта оценивается в \$600 млн.

Ангарский электрохимический комбинат (АЭХК) имеет около 11% разделительных мощностей России. С 2014 года его разделительное производство работает в режиме «шахты», занимаясь дообогащением накопленных отвалов обедненного гексафторида урана. На базе АЭХК в 2007 году с участием Казахстана был создан Международный центр по обогащению урана (МЦОУ)³⁶ с гарантированным запасом НОУ под контролем Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) на случай сбоя международных цепочек поставок ядерного топлива. К 2010 году в МЦОУ хранилось 120 т НОУ с обогащением 4,95%. В последнее время новостей о работе МЦОУ нет.

2.3. Фабрикация топлива

(мощности по производству и разработки топлива для открытого топливного цикла)

Фабрикация топлива в России в настоящее время идет в основном на двух предприятиях – на Машиностроительном заводе (АО «МСЗ»), г. Электросталь, Московская область и Новосибирском заводе химконцентратов (ПАО «НЗХК»).

Суммарная мощность двух заводов – около 2800 т³⁷ ядерного топлива ежегодно, при этом реальный выпуск топлива – в пределах 1400 т³⁸. По данным годового отчета Росатома³⁹, в 2021 корпорация изготовила ядерного топлива в эквиваленте около 1030 т тяжелого металла (ТМ), или около 1160 т топлива в эквиваленте диоксида урана⁴⁰ (далее в докладе, если не оговорено иное, ядерное топливо учитывается именно в виде диоксида урана).

Из этого объема, по оценкам «Беллоны», приведенным в этом докладе (см. разделы 2.4 и 4.3), до 800 т могут составлять собственные потребности российских АЭС и около 300 т – поставки за границу. Небольшая часть топлива может идти на транспортные и исследовательские реакторы. Всего Росатом на начало 2022 года поставлял топливо на 75 реакторов АЭС, из которых 37 находятся в России и 38 в 11 других стра-

³⁵ <https://www.lefigaro.fr/flash-eco/2018/05/25/97002-20180525FILWWW00206-une-filiale-de-rosatom-signe-un-contrat-avec-edf.php>

³⁶ <https://www.iaea.org/topics/international-uranium-enrichment-centre>

³⁷ <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/russia-nuclear-fuel-cycle.aspx>

³⁸ <https://atomicexpert.com/page3174296.html>

³⁹ https://report.rosatom.ru/go/rosatom/go_rosatom_2021/rosatom_2021_ru.pdf, cmp. 40-41

⁴⁰ 1 т UO₂ эквивалентен 0,8815 т U – <https://www.wise-uranium.org/rup.html>

нах, таких как Чехия, Болгария, Словакия, Венгрия, Финляндия, Армения, Беларусь, Иран, Индия, Китай и Украина.

Помимо АО «МСЗ» и ПАО «НЗХК», небольшие и экспериментальные партии МОКС-топлива для реакторов на быстрых нейтронах выпускают АО «НИИАР», ГХК и ПО «Маяк». Чепецкий механический завод (АО «ЧМЗ») в г. Глазов, занимается производством циркониевых оболочек для тепловыделяющих элементов. Головной организацией Росатома в области разработки новых видов топлива является АО «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А. А. Бочвара» (ВНИИНМ).

Машиностроительный завод (АО «МСЗ») занимается фабрикацией топлива для российских и зарубежных реакторов, таких как ВВЭР-440, ВВЭР-1000, ВВЭР-1200, РБМК-1000, а также исследовательских реакторов, морских реакторов для ледоколов и плавучей АЭС, в том числе для реакторов РИТМ-200. МСЗ производит топливо как из обогащенного природного, так и из регенерированного урана. Для зарубежных заказчиков МСЗ производит порошок диоксида урана и топливные таблетки, в том числе для индийских реакторов PHWR и BWR⁴¹. С 2004 МСЗ в рамках сотрудничества с компанией Framatome ANP (Areva NP)⁴² занимается изготовлением тепловыделяющих сборок (ТВС) для зарубежных реакторов PWR и BWR. В 2013 году была выпущена 3000-я ТВС для компании Areva.

МСЗ изготавливает и высокообогащенное топливо. Например, для реактора БН-600, в котором используется урановое топливо с обогащением 17%, 21% и 26%. В 2021 году на МСЗ запущено производство топлива для китайского быстрого реактора CFR-600, близкого по параметрам к БН-600. Контракт предусматривает поставки топлива для первой загрузки и первых семи лет его работы⁴³, первая поставка состоялась в 2022 году⁴⁴. Также МСЗ изготавливает топливо для китайского исследовательского быстрого реактора CEFR с обогащением до 64,4%⁴⁵.

Новосибирский завод химконцентратов (ПАО «НЗХК») специализируется на выпуске топлива для реакторов ВВЭР-1000 и ВВЭР-1200 как для АЭС России, так и для АЭС Украины, Болгарии, Индии и Китая. Кроме того, с 2012 года на заводе производится топливо ТВС-Квадрат (TVS-K) разработки компании «ТВЭЛ» для реакторов PWR западного образца – трех- и четырехпетлевых PWR Westinghouse⁴⁶. Опытные и коммерческие партии ТВС-К поставлялись на шведскую АЭС Ringhals⁴⁷.

⁴¹ <http://www.elemash.ru/produksiya/produksiya-yaderno-toplivnogo-tsikla/toplivo-dlya-reaktorov-pwr-i-bwr/>

⁴² <http://www.elemash.ru/about/history/>

⁴³ <https://world-nuclear-news.org/Articles/TVEL-unit-launches-CFR-600-fuel-manufacturing-site>

⁴⁴ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Fuel-despatched-to-China-for-CFR-600-fast-neutron>

⁴⁵ https://fissilematerials.org/blog/2021/02/chinas_cefr_fast_reactor_.html

⁴⁶ <https://world-nuclear-news.org/Articles/Alliance-brings-Russian-fuel-to-US-market>

⁴⁷ <https://world-nuclear-news.org/Articles/TVEL-starts-PWR-fuel-fabrication-at-Novosibirsk>

Новые типы ядерного топлива, разрабатываемого в России

Новое топливо для ВВЭР-1000 осваивается в настоящее время на блоках Балаковской АЭС, Ростовской АЭС и на АЭС «Тяньвань» в Китае, а также предлагается для новых станций в России и за границей. Все 4 блока Балаковской АЭС переведены на топливо ТВС-2М с демонстрацией его преимуществ – рост глубины выгорания топлива, переход с 12-месячного (топливная кампания около 300 эфф. суток) на 18-месячный интервал перегрузок топлива (топливная кампания около 510 эфф. суток) и повышение мощности блоков до 104% от номинала⁴⁸. Сейчас идут работы по повышению мощностей действующих блоков до 107% от номинала. А также идет разработка топлива 4-го поколения, в котором может использоваться регенерированный уран.

С 2011 года ТВС-2М внедряется на блоках китайской АЭС «Тяньвань»⁴⁹. В 2018 году было подписано соглашение о переводе первого блока иранской АЭС «Бушер» на топливо ТВС-2М⁵⁰. Летом 2022 года первая партия ТВС-2М была поставлена на два блока АЭС «Куданкулам» в Индии и позволит перевести их на 18-месячный топливный цикл⁵¹.

Толерантное топливо (Accident Tolerant Fuel – ATF) устойчиво к авариям с потерей охлаждения активной зоны, а его конструкция предотвращает возникновение парциркулиониевой реакции в случае перегрева топлива.

В настоящее время продолжается испытание толерантного топлива в исследовательском реакторе МИР в ГНЦ НИИАР⁵². Кроме этого, с сентября 2021 года на втором энергоблоке Ростовской АЭС с реактором ВВЭР-1000 проводится первый полугодовой цикл опытно-промышленной эксплуатации трех ТВС-2М, содержащих по 12 ТВЭЛов с ATF, шесть из них имеют оболочки из хром-никелевого сплава и шесть – из циркониевого сплава с хромовым покрытием⁵³.

Топливо третьего поколения для ВВЭР-440 отличается большим обогащением (до 4,87% по урану 235) и содержанием урана, и позволяет повышать длительность топливной кампании до 5-6 лет, а мощность блока на 5-9% от номинального⁵⁴.

С 2010 года внедрение топлива третьего поколения РКЗ и РКЗ+ началось на Кольской АЭС. Кроме этого, новое топливо было поставлено на венгерскую АЭС «Пакш», а в середине 2021 года была завершена разработка нового топлива для финской АЭС Ловииса⁵⁵.

⁴⁸ https://www.rosenergoatom.ru/zhurnalistam/news/41660/?sphrase_id=107699

⁴⁹ <http://www.gidropress.podolsk.ru/files/publication/publication2015/documents/003.pdf>

⁵⁰ <https://www.world-nuclear-news.org/UF-Irans-Bushehr-I-changes-to-TVS-2M-fuel-25041801.html>

⁵¹ https://www.tvel.ru/press-center/news/?ELEMENT_ID=9318

⁵² https://www.tvel.ru/press-center/news/?ELEMENT_ID=9318

⁵³ <https://www.nucnet.org/news/first-fuel-bundles-containing-atf-loaded-at-rostov-2-nuclear-plant-9-1-2021>

⁵⁴ <http://www.gidropress.podolsk.ru/files/publication/publication2014/documents/53.pdf>

⁵⁵ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Modified-fuel-assemblies-developed-for-Loviisa-uni>

2.4. Замыкание топливного цикла и рециклирование ядерных материалов

Замыкание топливного цикла объявлено актуальной стратегической задачей для российской атомной энергетики. В настоящее время Росатом работает над созданием двухкомпонентной атомной энергетики⁵⁶ на основе сочетания как классических водо-водяных реакторов, так и реакторов на быстрых нейтронах, с переработкой ядерного топлива обоих типов и рециклированием ядерных материалов.

Предполагается, что в такой конфигурации, все элементы будут выполнять следующие функции:

1) Реакторы на быстрых нейтронах (РБН -- натриевые, свинцовые):

- вырабатывают электроэнергию в режиме базовой нагрузки;
- работают полностью на рециклированных материалах – используют для подпитки накопленный отвалный или регенерированный уран и выделенный из ОЯТ тепловых реакторов плутоний, а в ходе работы производят плутоний, пригодный по изотопному составу для использования в топливе ВВЭР;
- выжигают долгоживущие высокоактивные отходы – младшие актиниды, выделенные при переработке всех типов ОЯТ. Для этих целей дополнительно может быть создан и отдельный реактор на расплавах солей на ГХК⁵⁷.

2) Реакторы на тепловых нейтронах (РТН-ВВЭР):

- вырабатывают электроэнергию в режиме базовой нагрузки и с выполнением требований системного оператора по маневренности;
- используют МОКС-топливо и РЕМИКС-топливо взамен топлива из UO₂;
- поставляются за рубежом с услугой по возврату ОЯТ в Россию для вовлечения ядерных материалов в замкнутый топливный цикл;
- выделенный из ОЯТ ВВЭР плутоний направляется на изготовление МОКС-топлива для РБН с целью улучшения его изотопного состава и дожигания четных изотопов плутония.

⁵⁶ <https://sciencejournals.ru/cgi/getPDF.pl?jid=vestnik&year=2021&vol=91&iss=5&file=Vestnik2105002Adamov.pdf>

⁵⁷ <https://strana-rosatom.ru/2020/09/21/vse-cto-vy-hoteli-znat-o-zhidkosolevom/>

3) Предприятия ЯТЦ:

- могут быть как централизованные (ГХК, МАЯК), так и пристанционные (БРЕСТ-ОД-300);
- обеспечивают переработку ОЯТ РТН и РБН, выделение ядерных материалов для повторного использования;
- отвалный или регенерированный уран и выделенный из ОЯТ плутоний используют для изготовления МОКС и других типов топлива;
- обеспечивают фракционирование РАО с целью последующей утилизации младших актинидов и снижения рисков распространения ЯМ, кондиционирование и захоронение РАО.

ДВУХКОМПОНЕНТНАЯ ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

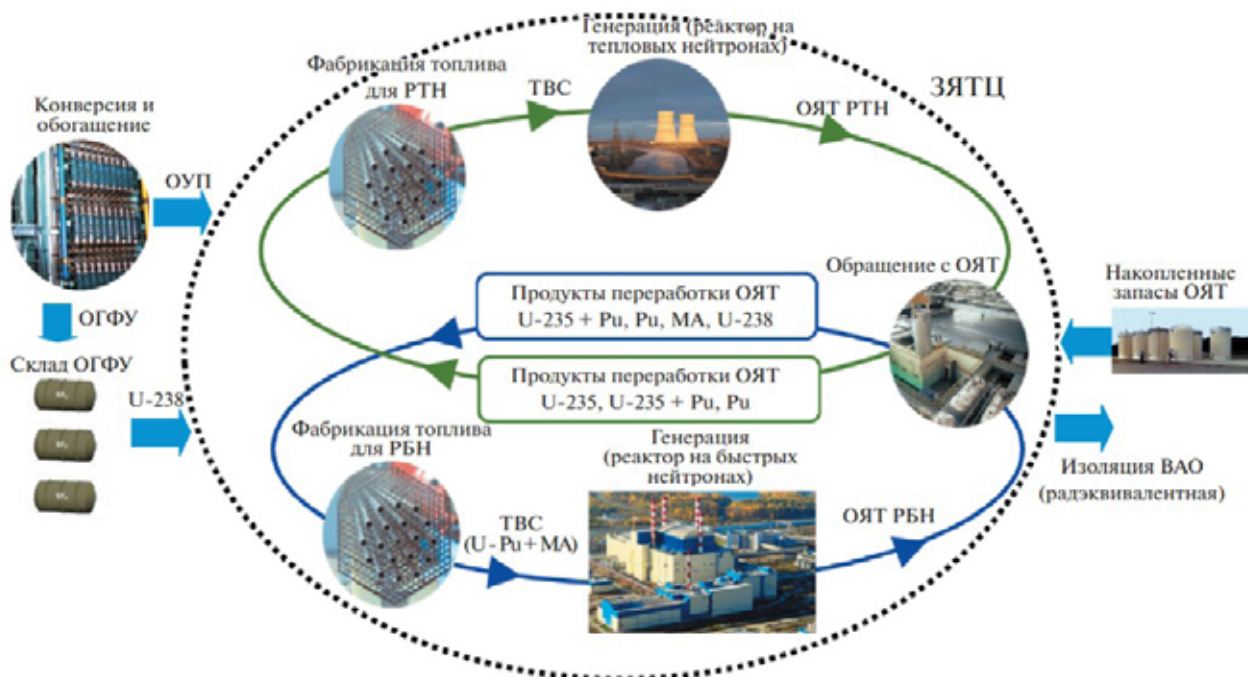


Рис. 1. Принципиальная схема двухкомпонентной ядерной энергетики с реакторами на быстрых нейтронах (РБН) и тепловых нейтронах (РТН)⁵⁸

⁵⁸ <https://sciencejournals.ru/cgi/getPDF.pl?jid=vestnik&year=2021&vol=91&iss=5&file=Vestnik2105002Adamov.pdf>

По замыслу, замкнутый топливный цикл и двухкомпонентная ядерная энергетика должны будут снизить потребность в природном уране, вовлечь в топливный цикл запасы обедненного урана, решить проблему накопленного ОЯТ и снизить объем отходов, идущих на захоронение.

Однако это очень сложная задача, всех ответов на которую пока нет. Предстоит решить ряд важных вопросов, таких как экономическая эффективность, радиационная и ядерная безопасность, общественная приемлемость и соблюдение международных гарантий нераспространения и принципа неперекалывания ответственности за накопленные РАО, которые потребуют постоянного уточнения и доработки этой стратегии в ходе её реализации.

В настоящий момент существует большой разброс прогнозов как по срокам перехода к двухкомпонентной атомной энергетике в России, так и по ее качественному и количественному составу. Это будет зависеть как от состояния экономики и атомной отрасли в условиях войны и послевоенного времени, так и от успешности (или неуспешности) решения совершенно конкретных технических задач и вопросов. В частности, таких как:

- Эксплуатация реакторов БН на полной загрузке МОКС-топливом (началась летом 2022 с полной загрузкой БН-800 МОКС-топливом);
- Запуск и эксплуатация быстрого свинцового реактора БРЕСТ-ОД-300 с пристанционным модулем переработки и фабрикации топлива (строительство реактора началось в 2021 году, запуск ожидается в 2027⁵⁹);
- Строительство и эксплуатация завода РТ-2 на ГХК по переработке накопленного и образующегося ОЯТ ВВЭР;
- Запуск и эксплуатация новых типов водо-водяных реакторов с более эффективным использованием топлива, в том числе и из регенерированных материалов: ВВЭР-ТОИ (идет строительство на Курской АЭС-2, пуск не ранее 2024 года) и ВВЭР-600С со спектральным регулированием (запланированы к строительству на Кольской АЭС-2 с пуском не ранее 2034 г.⁶⁰).

Переработка ядерного топлива промышленных реакторов в СССР/России началась с конца 1940-х годов в военных целях для получения оружейного плутония для ядерного оружия. В настоящее время централизованное хранение и переработка ОЯТ гражданских реакторов проводится на двух площадках – ПО «Маяк» и ГХК. Завод РТ-1 на ПО «Маяк» начал прием на хранение топлива АЭС в 1971 году, а его переработку в 1977 году.

⁵⁹ https://rosatom.ru/journalist/smi-about-industry/glava-magate-nazval-stroitelstvo-reaktora-brest-prodvizheniem-mirovoy-atomnoy-industrii/?sphrase_id=3320403

⁶⁰ <https://www.rosatom.ru/journalist/news/kolskaya-aes-nachalo-stroitelstva-kolskoy-aes-2-namecheno-na-2028-god/?fbclid=IwAR0dYbljsqQJgbSmRLO0cwTYHeYCR0SAFbJdJPbYoQ2M2STeABM2rCYLogI>

На сегодняшний день РТ-1 является единственным в России предприятием по переработке ОЯТ гражданского назначения в промышленном объеме. В настоящее время на РТ-1 в основном перерабатывается топливо реакторов ВВЭР-440, а также топливо исследовательских и морских реакторов как гражданского флота, так и подводных лодок. Это топливо имеет более высокое обогащение, чем топливо АЭС.

На РТ-1 применяется классический пурекс-процесс переработки ОЯТ путем растворения его в кислотах с последующим жидкостным выделением нужных компонентов.

Продуктами переработки ОЯТ РТ-1 являются⁶¹:

- Соединения урана с обогащением до 3,1% для последующего изготовления топлива РБМК;
- Соединения урана с обогащением от 10% до 76%, используемые для изготовления топлива быстрых реакторов и РЕМИКС-топлива;
- Диоксид плутония, который идет на хранение и на создание МОКС-топлива;
- Нептуний – для наработки урана-238 для космических РИТЭГов;
- Различные изотопы из состава продуктов деления для изготовления изотопной продукции.

Проектная годовая мощность завода РТ-1 составляет 400 т ОЯТ. Однако реальные объемы переработки в разы меньше. За 2009-2020 годы на РТ-1 в среднем перерабатывали около 100 т ОЯТ в год, с максимальным объемом переработки в 233 т ОЯТ в 2016 году⁶². Суммарно к 2020 году на РТ-1 переработано около 6500 т ОЯТ (в т.ч. урана)⁶³.

⁶¹ <https://www.atomic-energy.ru/technology/33253>

⁶² <http://фцп-яроб2030.рф/about/conf2020/docs/Пленарное%20заседание.pdf>

⁶³ <https://nucleus.iaea.org/sites/connect/SFMpublic/Rosatom/Перспективы%20Развития%20Радиохимического%20Производства%20ФГУП%20ПО%20Маяк%20-Opports%20Develop%20Radiochem%20Production%20MAYAK.pdf>



Рис. 2. Объем переработанного ОЯТ на ФГУП ПО Маяк в 2009-2020 годы⁶⁴

Суммарно с 1971 года на РТ-1 для переработки вывезено более 2400 т ОЯТ с зарубежных АЭС из семи стран, в основном с реакторами ВВЭР-440, а также с 2006 года еще около 1200 т высокообогащенного уранового топлива исследовательских реакторов из 13 стран. На 2022 год на зарубежных АЭС остается более 25 тыс. т ОЯТ российского происхождения⁶⁵.

Регенерированный уран

Регенерированный уран активно используется как вторичный топливный ресурс в России. Он получается в основном при переработке топлива реакторов ВВЭР-440 на заводе РТ-1 комбината «Маяк» и используется для изготовления свежего топлива для реакторов РБМК-1000 с обогащением около 2,8%⁶⁶. Конверсия и обогащение регенерированного урана проводятся на Сибирском химическом комбинате, фабрикация топлива – на АО «МСЗ». По оценкам Всемирной ядерной ассоциации, суммарно в России повторно использовано для изготовления топлива около 2500 т регенерированного урана⁶⁷.

⁶⁴ <https://фцп-яpb.рф/about/conf2020/docs/Пленарное%20заседание.pdf>

⁶⁵ <https://nucleus.iaea.org/sites/connect/SFMpublic/Rosatom/Перспективы%20Развития%20Радиохимического%20Производства%20ФГУП%20ПО%20Маяк%20-Opports%20Develop%20Radiochem%20Production%20МАЯК.pdf>, слайды 3 и 14

⁶⁶ <https://vant.ippe.ru/images/pdf/2020/issue2020-3-63-67.pdf>

⁶⁷ https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/fuel-recycling/processing-of-used-nuclear-fuel.aspx?fbclid=IwAR3yM3Z26OqAL5zjCFbi7OX3PQC33jg1B_P_0k51kXybdyUCtMYDkqM2oE

РЕМИКС-топливо

С учетом постепенного вывода из эксплуатации реакторов РБМК и переходом на двухкомпонентную атомную энергетику с сочетанием быстрых и водо-водяных реакторов, более перспективным способом использования регенерированных ядерных материалов в тепловых реакторах в России считается РЕМИКС-топливо. Это топливо, в котором используется неразделенная смесь урана и плутония с содержанием плутония до 2-3%, выделенная из переработанного ядерного топлива, с добавлением обогащенного урана – до 17-20% по массе с обогащением 19,75% по урану-235⁶⁸. Повторная переработка отработавшего РЕМИКС-топлива, по теоретическим оценкам⁶⁹, возможна не менее 5 раз.

РЕМИКС-топливо уже проходит испытания на действующих энергоблоках. В 2021 году завершилась пятилетняя программа опытно-промышленных испытаний (стадия LTR – lead test rods), в рамках которой на блоке № 3 Балаковской АЭС с реактором ВВЭР-1000 отработали три опытных ТВС, которые имели в составе по шесть экспериментальных РЕМИКС-ТВЭЛов. Эти ТВС отработали в реакторе в общей сложности три цикла облучения по 18 месяцев⁷⁰.

После этого, в конце 2021 года начался этап испытаний LTA (lead test assemblies). На энергоблоке № 1 Балаковской АЭС в активную зону реактора ВВЭР-1000 были загружены шесть тепловыделяющих сборок, полностью укомплектованных тепловыделяющими элементами с уран-плутониевой топливной композицией из РЕМИКС-топлива. Они также должны будут отработать три цикла по 18 месяцев⁷¹.

МОКС-топливо

МОКС-топливо – это ядерное топливо из смеси оксидов урана и плутония. На 2022 год в России МОКС-топливо используется в одном реакторе – в быстром реакторе БН-800 на блоке № 4 Белоярской АЭС. Изначально БН-800 проектировался под работу на МОКС-топливе, однако задержки с серийным производством топлива не позволили этого сделать сразу.

БН-800 был впервые подключен к сети в конце 2015 года на гибридной активной зоне, частично укомплектованной урановым топливом производства АО «МСЗ», частично – опытными МОКС-сборками, изготовленными в Научно-исследовательском институте атомных реакторов (г. Димитровград). Промышленная фабрикация МОКС-топлива началась в конце 2018 года на Горно-химическом комбинате. С 2020 года в БН-800 начали загружать серийные сборки, а в сентябре 2022, после очередной перегрузки топлива, реактор впервые был запущен целиком на активной зоне с МОКС-топливом⁷².

⁶⁸ <https://www.fips.ru/cdfi/fips.dll/ru?ty=29&docid=2702234>

⁶⁹ <https://static.nuclear-power-engineering.ru/articles/2016/01/11.pdf>

⁷⁰ <https://rosatom-energy.ru/media/rosatom-news/na-balakovskoy-aes-zavershilis-ekspluatatsionnye-ispytaniya-tvelov-s-remiks-toplivom/>

⁷¹ <https://www.rosatom.ru/journalist/news/v-reaktor-energobloka-1-balakovskoy-aes-zagruzhen-pervaya-partiya-remiks-topliva/>

⁷² https://www.tvel.ru/press-center/news/?ELEMENT_ID=9378

МОКС-топливо для БН-800 изготавливается из полностью вторичных ресурсов – плутония, выделенного из переработанного ядерного топлива ВВЭР-440, и запасов обедненного урана, накопленных от обогатительного производства. Полная загрузка топлива в БН-800 составляет около 16 т. Содержание плутония в топливе составляет около 20% по массе⁷³. По оценкам Росатома, работа БН-800 на МОКС-топливе дает экономию в 300 т природного урана в год⁷⁴.

Отходы переработки ОЯТ. С 1987 года на РТ-1 введен в эксплуатацию комплекс остекловывания высокоактивных отходов (ВАО). В специальных электропечах высокоактивные отходы иммобилизуются и помещаются в специальное алюмофосфатное стекло. К концу 2020 года все пять эксплуатировавшихся на предприятии электропечей остановлены. Жидкие ВАО в период отсутствия действующей электропечи собираются в емкости для временного хранения. За все время работы комплекса, к концу 2020 года было переработано более 34 тыс. куб. м ВАО, наработано около 7721,5 т остеклованных ВАО, содержащих 787,2 Ки активности⁷⁵.

Существующие объемы переработки ОЯТ в России сегодня существенно уступают темпам их образования. По разным оценкам, ежегодный объем образования ОЯТ на российских АЭС составляет от 650–700 т⁷⁶ до 770 т в год⁷⁷, что согласуется и с нашими собственными оценками (см. табл. 5) – до 800 т/год.

Суммарный объем накопленного в России ОЯТ на 2022 год приближается к 27 тыс. т⁷⁸.

⁷³ https://www.gen-4.org/gif/upload/docs/application/pdf/2019-01/gifiv_webinar_pakhomov_19_dec_2018_final.pdf

⁷⁴ <http://www.atominfo.ru/newsz05/a0788.htm>

⁷⁵ https://www.po-mayak.ru/local/OTCHET_2021.pdf

⁷⁶ https://www.youtube.com/watch?v=UDJ_N41dQmE

⁷⁷ <http://atominfo.ru/newsz05/a0500.htm>

⁷⁸ <http://atominfo.ru/newsz05/a0500.htm>

Табл. 5. Оценка объемов образующегося ОЯТ на АЭС в России

Тип реактора	Количество блоков в России, шт.	Средняя потребность в топливе на блок, т/год	Суммарная потребность в топливе для данного типа блоков, т/год	Особенности
ВВЭР-440	5	7,5	38	
ВВЭР-1000	13	23	300	
ВВЭР-1200	4	25	100	
РБМК-1000	8	42	334	Применение регенерированного урана + дожигание ТВС из остановленных энергоблоков
БН-600	1	6	6	Обогащение 17/21/26%
БН-800	1	8	8	МОКС-топливо
ЭГП-6	3	1	3	
КЛТ-40С	2	0,5	1	Обогащение до 20%
ВСЕГО	37		794	

На протяжении последних десятилетий и в настоящее время на ФГУП «ГХК» идет создание единого комплекса по обращению с ОЯТ, включающего мокрые и сухие централизованные хранилища ОЯТ, новые мощности по переработке отработавшего топлива, комплексы фабрикации МОКС-топлива для реактора БН-800, а также систему обращения с РАО, в том числе жидкосолевой реактор для дожигания минорных актинидов и подземную лабораторию для будущего глубинного захоронения ВАО.

С 1985 года на ГХК действует мокрое хранилище ОЯТ реакторов ВВЭР-1000, где хранится топливо как российских АЭС, так и АЭС Украины и Болгарии. Общая емкость хранилища – до 8500 т ОЯТ. К 2015 году на ГХК были достроены и введены в эксплуатацию сухие хранилища для ОЯТ ВВЭР-1000 и РБМК-1000⁷⁹.

В 2015 году⁸⁰ на ГХК состоялся пуск первой очереди опытно-демонстрационного центра переработки ОЯТ (ОДЦ) производительностью до 5 т в год. Сейчас идет строительство второй очереди ОДЦ мощностью около 250 т, которую планируют запустить до 2025 года⁸¹. Особенностью нового завода должна стать новая технология переработки ОЯТ с образованием гораздо меньшего количества вторичных РАО, идущих на захоронение (минимум в 5 раз), полное исключение образования жидких РАО и отсутствие сброса тритий содержащих и йодсодержащих отходов в окружающую среду⁸².

⁷⁹ <https://sibghk.ru/company.html>

⁸⁰ <https://sibghk.ru/activity/technological-complex-creating.html>

⁸¹ <https://фцп-япб.рф/about/events-program/direction1event1/>

⁸² https://youtu.be/UDJ_N41dQmE

Резюмируя обзор состояния и функционирования ЯТЦ, следует отметить, что нынешняя структурная, ресурсная и технологическая база предприятий и организаций Росатома, которые осуществляют ядерный топливный цикл, позволяет самостоятельно обеспечивать потребности российской атомной отрасли и зарубежных контрактов по всей цепочке ЯТЦ – от добычи урана до обращения с ОЯТ.

Ограниченность собственной ресурсной базы и ориентация на будущие рыночные ниши определили интерес Росатома к замыканию ядерного топливного цикла: использованию регенерированного урана в разных видах топлива, внедрение РЕ-МИКС-топлива (из неразделенной смеси урана и плутония) для реакторов ВВЭР, перевод крупнейшего в мире быстрого натриевого реактора БН-800 полностью на МОКС-топливо. По ряду направлений, таких как быстрые реакторы, Росатом занимает лидирующие позиции в мире.

Важной отличительной и уникальной особенностью предложений Росатома зарубежным потребителям является предоставление комплексных услуг по всей цепочке ЯТЦ, вплоть до возможности поставки свежего топлива и утилизации ОЯТ на всем жизненном цикле реакторов и АЭС российского дизайна.

Росатом занимает существенную долю в мировых поставках ЯТЦ – 15% в поставках урана, 30% в услугах по конверсии, 40% в обогащении урана, 17% в поставках ядерного топлива. До половины этих услуг приходятся на удовлетворение собственных потребностей, однако по ряду позиций (например, обогащение и конверсия) Росатом является крупнейшим поставщиком в мире.

После полномасштабного вторжения в Украину в феврале 2022 года, введения санкций в отношении России и разворота западных экономик в сторону снижения зависимости от России, в ядерно-топливном цикле тоже наблюдаются постепенные изменения. Россия окончательно и полностью потеряла один из своих крупнейших зарубежных рынков в области ЯТЦ – Украину. Кроме того, даже без ввода санкций, почти все страны ЕС, критически зависящие от российского ядерного топлива (Чехия, Болгария, Финляндия), самостоятельно приняли решения и оперативно заключили необходимые соглашения о постепенном переходе на альтернативные поставки в ближайшие 2-7 лет.

Можно предположить, что постепенно доля Росатома на мировых рынках в ЯТЦ будет снижаться, а выход на мировой рынок с новыми услугами и продуктами будет затруднен. Особенно в случае введения санкций против атомной отрасли России, которые на начало 2023 года пока не введены.

Глава III.

Энергетические, транспортные и исследовательские реакторы

3.1. АЭС России

*(действующие, остановленные,
строящиеся и планируемые)*

Владельцем и оператором всех АЭС России является открытое акционерное общество «Концерн Росэнергоатом».

По состоянию на сентябрь 2022 года на 11 АЭС России работают 37 энергетических блоков установленной мощностью 29 577 МВт.

10 блоков АЭС остановлены, но ни на одном из них не завершён процесс окончательного вывода и утилизации.

Четыре блока (Балтийская АЭС-1, Брест-ОД-300, Курская 2-1, Курская 2-2) находятся в стадии строительства. Строительство Балтийской АЭС заморожено, хотя дирекция по строительству этой станции остается активной и является одним из филиалов в структуре Росэнергоатома. Атомный блок «Брест-ОД-300», строительство которого началось в июне 2021 года, сооружается в составе проекта «Прорыв».

Никаких планов по началу строительства в 2022-2023 годах новых блоков АЭС большой мощности на территории России не обнародовано. На площадке Ленинградской АЭС-2 с 2022 года⁸³ идут подготовительные работы для строительства 7-го и 8-го блоков. Заливка бетона на первом из них намечена⁸⁴ на 2024 год, на втором – на 2025.

⁸³ https://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-leningradskoy-aes/press-tsentr/novosti/41812/

⁸⁴ <https://neftegaz.ru/news/nuclear/743181-rosatom-planiruet-nachat-stroitelstvo-vtoroy-ocheredi-leningradskoy-aes-2-v-2024-godu/>

Инжиниринговый дивизион Росатома в настоящее время занимается дальнейшим совершенствованием дизайна АЭС на базе реакторов поколения III+, а также реакторов IV поколения на быстрых нейтронах (БН-1200 с натриевым теплоносителем, БР-1200 со свинцовым теплоносителем). Работы Росатома по совершенствованию дизайна современных АЭС большой мощности направлены в том числе на доведение их жизненного цикла до 100 лет: сооружение АЭС – 5–7 лет; функционирование АЭС – 60 лет; вывод АЭС из эксплуатации – 20–45 лет.

Действующие и остановленные блоки АЭС

Россия в настоящее время занимает четвертое место в мире⁸⁵ по количеству энергоблоков АЭС, находящихся в эксплуатации. Доля АЭС в энергобалансе России в 2022 году составила 19,9% (223,371 млрд кВт*ч⁸⁶ из суммарных 1 121,5 млрд кВт*ч⁸⁷). По заявленным оптимистическим планам, долю атомной энергетики намерены довести до 2045 года до 25%⁸⁸.

На 37 эксплуатируемых в настоящее время энергоблоках АЭС (ЭБ АЭС) 22 энергоблока работают с реакторами типа ВВЭР (из них 13 энергоблоков ВВЭР-1000, 4 энергоблока ВВЭР-1200, 5 энергоблоков ВВЭР-440 различных модификаций), 11 энергоблоков работают с канальными реакторами (8 энергоблоков с реакторами типа РБМК-1000 и 3 энергоблока с реакторами типа ЭГП-6), 2 энергоблока с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым охлаждением (БН-600 и БН-800). Кроме этого, в эксплуатации находятся две установки реактор-турбогенератор плавучего энергетического блока «Академик Ломоносов» (ПЭБ) плавучей атомной теплоэлектростанции (ПАТЭС), тип реактора – КЛТ-40С.

⁸⁵ <https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalReactorsByCountry.aspx>

⁸⁶ <https://www.rosatom.ru/journalist/news/-rosenergoatom-aes-rossii-postavili-v-2022-godu-rekord-po-vyrobote-223-371-mlrd-kvt-ch/>

⁸⁷ Отчет о функционировании ЕЭС России в 2022 году

⁸⁸ <https://rosatom.ru/journalist/interview/a-likhachev-atomnaya-otrasl-mozhet-stat-osnovoy-perekhoda-k-nizkouglerodnoy-energetike/>

Табл. 6. Обзор действующих и законсервированных реакторов АЭС в России

Наименование АЭС	Год постройки / Год вывода (продления)	Установленная мощность (МВт) на 01.01.2022 год
Балаковская АЭС (ВВЭР-1000) ЭБ-1 ЭБ-2 ЭБ-3 ЭБ-4	1985/ (2045) 1987/ (2043) 1988/ (2048) 1993/ (2053)	4000
Белоярская АЭС ЭБ-1,2 ЭБ-3 (БН-600) ЭБ-4 (БН- 800)	Остановлены 1980/ (2040) 2015/ 2075 (план)	1485
Билибинская АЭС (ЭГП-6) ЭБ-1 ЭБ-2 ЭБ-3 ЭБ-4	Остановлен 1975/ (2025) 1976/ (2025) 1977/ (2025)	36
Калининская АЭС (ВВЭР-1000) ЭБ-1 ЭБ-2 ЭБ-3 ЭБ-4	1984/ (2025) 1986/ (2038) 2004/ 2064 (неутвержденный план) 2011/ 2071(неутвержденный план)	4000
Кольская АЭС (ВВЭР-440) ЭБ-1 ЭБ-2 ЭБ-3 ЭБ-4	1973/ (2033) 1974/ (2034) 1981/ (2036) 1984/ (2039)	1760
Курская АЭС (РБМК-1000) ЭБ-1 ЭБ-2 ЭБ-3 ЭБ-4	Остановлен 1979/ (2024) 1983/ (2028) 1985/ (2030)	3000
Ленинградская АЭС (1,2,3,4 – РБМК-1000; 5,6 – ВВЭР-1200) ЭБ-1,2 ЭБ-3 ЭБ-4 ЭБ-5 ЭБ-6	Остановлены 1979/ (2025) ? 1981/ (2026) ? 2018/ 2078 (неутвержденный план) 2020/ 2081 (неутвержденный план)	4375,8
Обнинская АЭС (АМ-1)	Остановлена	
Нововоронежская АЭС ЭБ-1,2,3 (ВВЭР-210,-365,-440) ЭБ-4 (ВВЭР-440) ЭБ-5 (ВВЭР-1000) ЭБ-6 (ВВЭР-1200) ЭБ-7 (ВВЭР-1200)	Остановлены 1972/ (2032) 1980/ (2036) 2016/ 2076 (неутвержденный план) 2019/ 2080 (неутвержденный план)	3778,3

Ростовская АЭС (ВВЭР-1000) ЭБ-1 ЭБ-2 ЭБ-3 ЭБ-4	2001/ 2031 (неутвержденный план) 2010/ 2040 (неутвержденный план) 2014/ 2045 (неутвержденный план) 2018/ 2048 (неутвержденный план)	4071,9
Смоленская АЭС (РБМК-1000) ЭБ-1 ЭБ-2 ЭБ-3	1975/ (2027) 1976/ (2030) 1984/ (2035)	3000
ПАТЭС (КЛТ-40С) ЭБ-1 ЭБ-2	2020/? 2020/?	70

Примечание: По принятой в России практике, в настоящее время срок службы ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 продлевают до 60 лет, а РБМК-1000 – до 45 лет.



- 222,4 млрд кВт·ч – выработка электроэнергии на АЭС в 2021 году
- 29,6 ГВт – общая установленная мощность АЭС Концерна
- 35 действующих энергоблоков, а также ПАТЭС
- 2 энергоблока сооружаются
- 19,7% – доля в энергобалансе России

Рис. 3. Карта российских АЭС

К особенностям эксплуатируемых и остановленных российских энергоблоков

можно отнести то, что из 37 эксплуатируемых на атомных станциях России энергоблоков, 23 (почти 62%) эксплуатируется с продлением ресурса и срока эксплуатации, которые были установлены при проектировании и строительстве этих блоков.

С продлением сроков работают все ВВЭР-440, РБМК-1000 и ЭГП-6. Из тринадцати ВВЭР-1000 продлена эксплуатация у шести блоков, а из двух БН – у одного. Без продления работают только ВВЭР-1200 и КЛТ-40С. Средний возраст 37 действующих сейчас в России блоков равен 29 лет (среднемировой показатель, по данным МАГАТЭ, – 31 год⁸⁹).

Несмотря на продление сроков службы реакторов РБМК до 45 лет, к 2035 году все оставшиеся блоки такого типа в России будут остановлены. Как и три самых старых реактора ВВЭР-440, которые к тому времени достигнут срока службы в 60 лет.

По оценкам «Беллоны», к 2035–2040 годам в России будет остановлено 13 блоков общей мощностью около 9,3 ГВт, а в период с 2040 по 2045 будет выведено из эксплуатации еще около 4,5 ГВт. Всего с 2022 по 2045 по причине исчерпания ресурса будет выведено почти 14 ГВт. Это означает, что если не строить новые блоки взамен выбывающим, то к 2035 году суммарная мощность атомного парка России сократится на треть, а к 2045 году – почти вдвое от нынешнего уровня в 29,5 ГВт.

На графике ниже показан план вывода мощностей АЭС РФ с учетом продления сроков эксплуатации РБМК-1000 до 45 лет, а ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 до 60 лет. Источник – собственные расчеты «Беллоны».

⁸⁹ <https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalByAge.aspx>

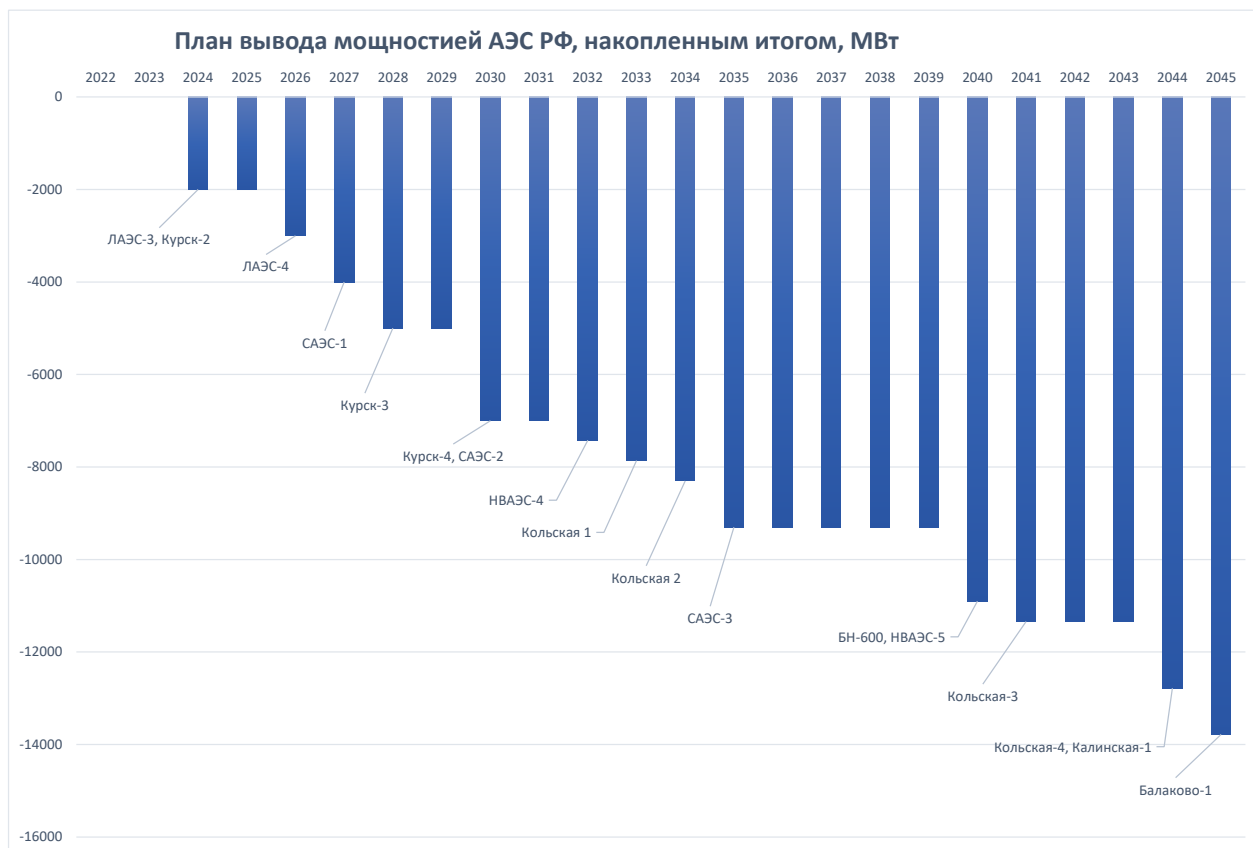


Рис. 4. План вывода из эксплуатации российских АЭС

Продления срока службы ядерных энергоустановок – это общемировая практика, которой придерживается в том числе и Россия. Отсюда так много энергоблоков, которые эксплуатируются с продленным сроком службы. Главный вопрос, который всегда беспокоит заинтересованную общественность (в том числе «Беллону») при продлении срока службы АЭС – это безопасность. Есть мнение, что старое оборудование, усталость металла основного оборудования, старые технологии, которые остаются на продленных энергоблоках, – все это может создавать дополнительные условия для возникновения аварии.

Например, при продлении эксплуатации ЭБ невозможно изменить философию безопасности, которая заложена в проекте несколько десятков лет назад и реализована на этих блоках. Невозможно создать глубокоэшелонированную защиту, которая блокирует опасности от человеческих просчетов и сочетания отказов оборудования и ошибок оператора. Другими словами, на старых ЭБ невозможно установить и наладить многие процессы безопасности, которыми обладают «умные сети» новых современных атомных блоков, поскольку 40–50 лет назад логика, технические и технологические возможности, философия понимания того, как должны работать системы безопасности, были другими.

Менялось и совершенствовалось все это под влиянием горькой практики происшествий и аварий, которые происходили с атомными установками (не только на АЭС). На продлеваемых старых энергоблоках (ВВЭР-440 или РБМК-1000) невозможно установить герметичные оболочки (контейменты), разместить над реактором емкости с большим количеством раствора бора, который выливается на реактор при аварии и нейтрализует радиоактивность в случае ее появления, внизу установить ловушки расплава и т.д. В то же время на некоторых блоках второго поколения (ВВЭР-1000) все же установлены защитные оболочки и запасы бора.

Необходимо отметить, что процесс продления строго регламентирован и контролируется органами ядерного и радиационного надзора. Продление осуществляется с участием конструкторов и изготовителей оборудования, которые несут серьезную ответственность за принятые решения. При продлении срока службы практически все оборудование, влияющее на ядерную безопасность энергоблока, подлежит замене за исключением корпуса реактора. За последние десятилетия мировые научные металлургические институты сделали большой шаг вперед, и сегодня эффективно применяются многие методы спектрального и других анализов для того, чтобы определить в каком состоянии находится корпус реактора.

В настоящий момент разработано и применяется достаточно много технологий отжига и других способов для восстановления качества металла корпуса реактора. Необходимо отметить, что при оценке безопасности в первую очередь важно смотреть и учитывать результаты вероятностного анализа безопасности, который является обобщенным критерием безопасности для всех атомных блоков.

МАГАТЭ считает, что в большинстве случаев продление срока службы ядерных установок оправдано и соответствует нормам безопасности. Кроме того, МАГАТЭ полагает, что продление блоков АЭС повышает конкурентоспособность этих источников электроэнергии и при снижении стоимости работ по продлению ниже 40 \$/МВт*ч АЭС смогут по затратам конкурировать с недорогими солнечными фотоэлектрическими и ветровыми электростанциями⁹⁰. В любом случае затраты на продление срока службы всегда будут ниже затрат на строительство новых атомных энергоблоков, если, конечно, при этом не осуществляется глубокая модернизация энергоблока с заменой всего основного оборудования, а не только важного для обеспечения ядерной безопасности. Но таких примеров в мировой практике продления срока службы энергоблоков нет. Для многих правительств экономическая составляющая является одной из определяющих, когда они должны принимать решения об использовании атомной энергетики в своей стране. Для экологических организаций, включая «Беллону», определяющим фактором, как правило, является уровень безопасности, но это всегда вопрос компромисса, поскольку абсолютной безопасности не существует.

⁹⁰ <https://www.iea.org/reports/nuclear-power-and-secure-energy-transitions/executive-summary>

10 энергоблоков на 6 российских АЭС окончательно остановлены, но ни на одном из них не завершён процесс окончательного вывода и утилизации, если не считать первую в мире АЭС, расположенную в Обнинске, которая была окончательно остановлена в 2002 году и преобразована в музейный комплекс.

В структуре «Росэнергоатома» созданы два филиала на базе Нововоронежской и Ленинградской АЭС, которые разрабатывают технологии по выводу из эксплуатации, соответственно ЭБ ВВЭР-440 и РБМК (ОДИЦ ВВЭР и ОДИЦ РБМК). Кроме этого, на базе СХК (г. Северск) в 2010 году создан АО «Опытно-демонстрационный центр уран-графитовые реакторы» (ОДЦ УГР), который разработал технологию и реализовал первый проект по выводу из эксплуатации малых промышленных уран-графитовых реакторов.

По многим причинам процесс вывода из эксплуатации остановленных энергоблоков большой мощности достаточно неторопливый. В первую очередь это объясняется тем, что исторически атомное ведомство не готовилось к этому важному и достаточно сложному процессу. Никогда в СССР (а затем и в России) не создавались фонды для вывода из эксплуатации, а следовательно, сегодня для этого нет целевых денег и отработанных до конца технологий. Только в 2010 году была создана первая научно-практическая группа («ОДИЦ УГР»), которая начала разрабатывать технологии для вывода из эксплуатации малых промышленных (небольших энергетических) реакторов.

Концепция вывода из эксплуатации больших энергоблоков была разработана и утверждена лишь в 2015 году, т.е. в настоящий момент мероприятия по выводу из эксплуатации конкретных блоков находятся только в концептуальной разработке. Единственный практический шаг, который делается на всех остановленных энергоблоках, – это выгрузка ядерного топлива из реакторов и размещение его в пристанционные хранилища. Такие вопросы как, куда будут перемещаться и где будут захораниваться РАО, накапливающиеся в процессе демонтажа радиационно-загрязнённого оборудования, какова окончательная цель вывода конкретных энергоблоков – образование «зеленой» или «коричневой» лужайки или «отложенное решение», и ряд других вопросов на сегодняшний день остаются до конца нерешёнными.

Здесь следует заметить, что остановка реакторов – это только начало процесса вывода из эксплуатации энергоблока, окончание процесса – это когда энергоблок исключён из баланса «Росэнергоатома» и территория, на которой размещался энергоблок, передана на баланс соответствующего территориального образования или назначенной организации. Кроме того, возможно использовать эти площадки для строительства новых блоков.

Строящиеся и планируемые к строительству энергоблоки. В постановлении правительства России от 2016 года было сказано, что к 2030 году Россия построит 11 новых ядерных реакторов для производства электроэнергии.

В настоящее время (на конец 2022 года), на территории РФ реализуется четыре проекта по строительству больших энергоблоков – это Курск 2-1 и 2-2 с реакторами ВВЭР-ТОИ, реактор «Брест-ОД-300». Балтийская АЭС⁹¹ находится в «замороженном» состоянии, дирекция по строительству атомной станции не ликвидирована, но, по всей вероятности, перспектив строительства этой АЭС в данной геополитической ситуации нет.

Энергоблоки Курск 2-1 и 2-2 типа ТОИ с быстроходной турбиной, по оценкам Росатома, являются перспективными. Их готовность на 1 января 2022 года находилась в пределах 37,5%.

Строительство быстрого реактора со свинцовым теплоносителем и пристанционным топливным циклом БРЕСТ-ОД-300 в составе проекта «Прорыв» началось в июне 2021 года, срок окончания строительства запланирован на 2026–2027 годы. «Прорыв» – это отдельный проект инжинирингового дивизиона Росатома, направленный на отработку технологий по замыканию ядерного топливного цикла, который пока что вызывает у экспертов немало вопросов и даже сомнений. Продекларированная основная цель проекта «Прорыв» – существенно повысить эффективность использования природного урана и ликвидировать ядерное наследие, т.е. «выжечь» в реакторе «Брест» отработавшее ядерное топливо, которое накопилось при работе тепловых реакторов.

В ближайшие годы Росатом планирует начать в России строительство четырех крупных энергоблоков. На начало 2023 года идут подготовительные работы на месте строительства 3-го и 4-го блоков Ленинградской АЭС-2 с реакторами ВВЭР-1200. Заливка первого бетона на них намечена на 2024 и 2025 годы, а физпуск – на 2030 и 2032⁹² годы соответственно.

На 2022 год велась разработка проектной документации и инженерные изыскания на площадке будущего строительства Смоленской АЭС-2 с двумя энергоблоками ВВЭР-ТОИ суммарной мощностью 2510 МВт. Согласно дорожной карте, утвержденной в 2020 году, в 2025 году планируется получить лицензию на строительство и с 2027 года начать сооружение энергоблоков⁹³.

Кроме того, по озвученной в 2021 году информации, на 2028 года запланировано начало строительства двухблочной Кольской АЭС-2 с реакторами ВВЭР-600С со спектральным регулированием⁹⁴.

⁹¹ <https://www.baltaes.ru/>

⁹² <https://tass.ru/ekonomika/15516381>

⁹³ <https://www.rosatom.ru/production/design/stroyashchiesya-aes/>

⁹⁴ <https://www.rosatom.ru/journalist/news/kolskaya-aes-nachalo-stroitelstva-kolskoy-aes-2-namecheno-na-2028-god/?fbclid=IwAR0dYbljsqQJgb5mRLO0cwTYHeYCR0SAFbJdJPbYoQ2M2STeabM2rCYLogI>

Данные проекты включены в Генеральную схему размещения объектов электроэнергетики до 2035 года⁹⁵, утвержденную Правительством РФ в 2017 году. В базовый сценарий Генсхемы заложено помимо упомянутых блоков еще 7 крупных блоков ВВЭР-ТОИ и один БН-1200 как на текущих, так и на новых площадках, однако их ввод запланирован на период 2030-2035 годов. Итого по базовому сценарию Генсхемы, с учетом добавленных планов по строительству дополнительного блока на Кольской АЭС (объявлено о планах строительства двух блоков, хотя в Генсхеме указан один) и серии SMR, к 2035 году планируется ввести около 17 ГВт новых атомных мощностей.

Есть основания полагать, что базовый сценарий Генсхемы не будет реализован в срок или в полном объеме. Первые четыре блока ВВЭР-1200, по два на Ленинградской АЭС-2 и Нововоронежской АЭС-2, были построены в указанные в Генсхеме сроки с подключением к сети в период с 2016 по 2020 год. Однако строящиеся сейчас блоки на Курской АЭС-2 и готовящиеся к строительству блоки Смоленской АЭС-2 и Ленинградской АЭС-2 уже отстают от графика на срок от 1 до 5 лет.

Однако помимо заложенных в генсхему крупных блоков, в последние годы появились планы строительства серии малых плавучих АЭС. Это позволяет руководству Росатома озвучивать сроки нового строительства. В сентябре 2021 года на генеральной конференции Международного агентства по атомной энергии руководитель Росатома Алексей Лихачев заявил журналистам, что к 2035 году в России будет введено в эксплуатацию около 15 новых реакторов. «Мы будем постепенно выводить из эксплуатации советские блоки, построенные в 1970-х годах, – сказал он, – к 2035 году их заменят примерно на 15 единиц».

Несмотря на такие заявления, к планам России по развитию ядерной энергетики следует относиться с долей сомнения, особенно учитывая те изменения в геополитике и экономике, которые начали происходить в мире и в России после 24 февраля 2022 года. С учетом наблюдающихся задержек строительства и спада в экономике и, как следствие, снижения спроса на электроэнергию, которые ожидаются в России после полномасштабного вторжения в Украину, планы развития российской энергетики, в том числе атомной, могут быть сокращены.

На совещании Правительства РФ по энергетике были озвучены предварительные цифры по скорректированной Генсхеме, предполагающей уже строительство около 12 ГВт новых атомных мощностей, что скорее отвечает минимальному сценарию Генсхемы 2017 года. Таким образом, планы по новому строительству уже корректируются в сторону понижения.

⁹⁵ <http://static.government.ru/media/files/zvuuuhfq2f3OJK8AzKVsXrGlbW8ENGp.pdf>

3.2. Реакторы малой и средней мощности

Реакторы малой и средней мощности, а также микрореакторы проектируются и строятся для использования на гражданских атомных электростанциях малой мощности (АСММ) наземного и водного базирования, судах гражданского и военного назначения, специальных объектах (космических (РИТЭГи), наземных транспортных, подводных и т.д.), а также в научно-исследовательских и учебных заведениях.

Атомные станции малой мощности (АСММ). По классификации МАГАТЭ к АСММ с SMR (small modular reactors) относятся станции электрической мощностью до 300 МВт. Хотя это деление довольно условно, и иногда к ним относят и АЭС средней мощности – до 700 МВт. Кроме того, существует отдельная классификация микро-АЭС – до 10 МВт.

Можно предположить, что большая атомная энергетика России может приоритетно пойти по пути строительства АСММ. Может быть, это было бы логичным решением с учетом огромной территории России в Восточной Сибири, для освоения которой не подходит создание больших и мощных линий электропередач, больших населенных пунктов в некомфортных климатических условиях и транспортных наземных коммуникаций. Но здесь надо будет решать другие задачи, например логистики, создания развитых узлов воздушного или водного транспорта для обеспечения строительства, эксплуатации и безопасного функционирования АСММ.

В июле 2021 года правительством России была утверждена федеральная программа «Новая атомная энергетика, в том числе малые атомные реакторы для удаленных территорий» (далее Программа). 11 февраля 2022 года на заседании Правительства РФ было принято решение о дополнительном финансировании, после чего общая стоимость реализации этой Программы составила 96 млрд руб.⁹⁶.

Ключевое направление Программы – это строительство АСММ. Согласно Программе, к 2030 году мощность АСММ планируется довести до 350 МВт. В результате реализации Программы Россия к 2030 году намерена занять 20% доли мирового рынка атомных электростанций малой мощности и 24% рынка ядерного топлива.

Первый проект АСММ наземного базирования с реактором РИТМ-200 планируют реализовать на Дальнем Востоке России, в Якутии. По плану эту АСММ намерены ввести в эксплуатацию в 2028 году. Она должна будет служить источником энергии для разработки и эксплуатации Селигдарского золоторудного месторождения Кючус. Стоимость проекта пока не озвучивалась, но если, например, оценивать стоимость по ПАТЭС с РИТМ-200, то одноблочная АЭС с таким реактором обойдется не менее чем в 24 млрд руб. (320 млн \$).

⁹⁶ <http://static.government.ru/media/files/ENAjmvZYARitZ1xlr9GDdXycklAX18XB.pdf>

Особенность морских реакторов КЛТ-40 и РИТМ-200, – это способность работать в маневренном режиме с быстрым набором и сбросом мощности и большее чем у обычных ВВЭР обогащение топлива – до 20% вместо 5%. Большое обогащение позволяет реже перегружать топливо. Например, реактор КЛТ-40 на «Академике Ломоносове» нужно будет перезаряжать раз в 3-4 года в зависимости от выработки. На реакторе РИТМ-200 перегрузка топлива нужна будет раз в 10 лет. При этом при перегрузке этого реактора будет заменяться топливо из всей активной зоны целиком.

Такой интервал между перегрузками для РИТМ-200 позволит совместить эту процедуру с ремонтами и буксировкой АЭС на заводскую базу. Это исключит необходимость во временном хранилище ОЯТ на станции, что облегчит процедуры обращения с ОЯТ эксплуатирующей организации.

Будущие плавучие АЭС будут уже с новыми реакторами. Сейчас идет строительство еще четырех плавучих энергоблоков с реакторными установками РИТМ-200 мощностью по 55 МВт и сроком службы до 60 лет. В отличие от КЛТ-40, где была блочная компоновка (элементы первого контура рядом, но не в одном корпусе), РИТМ-200 уже имеет интегральную компоновку, поэтому он почти вдвое более легкий и компактный, и при этом более мощный.

Цена контракта на четыре плавучих АЭС с РИТМ-200 суммарно составляет 190 млрд руб., т. е. капитальные затраты ПАТЭС составляют примерно 6000 \$/кВт мощности (оценка для курса ок. 75 р/\$). Это чуть выше, чем для обычной российской АЭС с ВВЭР-1200 – до 4500 \$/кВт, но ниже, чем для европейских проектов типа EPR-1600 – от 7500 \$/кВт (см. табл. 7).

Табл. 7. Капитальные затраты некоторых АЭС

Тип реактора	АЭС и цена	Стоимость \$/кВт
ВВЭР-ТОИ (1255 МВт)	«Аккую», Турция. 4 блока за 22 млрд \$ ⁹⁷	4400
ВВЭР-1200 (1200 МВт)	Белорусская АЭС. Два блока за 10 млрд \$ ⁹⁸	4200
EPR-1600 (1600 МВт)	«Олкилуото-3», Финляндия 1 блок за 12 млрд \$ ⁹⁹	7500
	«Фламанвиль-3», 1 блок за 14,4 млрд \$ ¹⁰⁰	9000
	«Хинкли-Пойнт С», Великобритания, 2 блока за 30 млрд \$ ¹⁰¹	9400

В 2011 году Росатом обнародовал стоимость строительства ПАТЭС «Академик Ломоносов», заявив, что она составит 16,2 млрд рублей¹⁰². По данным, опубликованным в 2016 году, она увеличилась до 21,5 млрд рублей¹⁰³. Окончательных данных по стоимости на сегодняшний день так и не опубликовано.

⁹⁷ <https://interfax.com/newsroom/top-stories/73638/>

⁹⁸ https://www.ng.ru/ng_energiya/2016-01-12/14_belorussia.html

⁹⁹ <https://yle.fi/a/3-12356596>

¹⁰⁰ <https://www.reuters.com/business/energy/edf-announces-new-delay-higher-costs-flamanville-3-reactor-2022-01-12/>

¹⁰¹ <https://www.bbc.com/news/uk-england-somerset-61519609>

¹⁰² http://www.bellona.org/filearchive/fil_fnpp-en.pdf, Отчет «Беллоны», 2011 год

¹⁰³ <http://bellona.org/news/nuclear-issues/nuclear-russia/2016-01-russian-floating-nuclear-power-plants-port-to-cost-58-million>

Следует заметить, что все эти планы составлялись и утверждались до начала полномасштабной войны России с Украиной. Например, планы и по Баимскому месторождению, для которого собирались строить четыре ПАТЭС, и по Кючусу, ориентированы на экспортную добычу золота. А из-за санкций этот экспорт уже сильно упал, поэтому эти проекты сегодня под большим вопросом.

Транспортные – в основном реакторы морского базирования, которые используются в атомных энергетических установках (АЭУ) надводных и подводных кораблей гражданского и военного назначения.

Для гражданских целей реакторы малой мощности стали широко применяться в СССР на атомных ледоколах и подводных лодках с конца 1950-х. За это время на ледоколах сменилось четыре поколения атомных установок: ОК-150 (а/л «Ленин», 1957 г), ОК-900А (а/л «Арктика» пр. 10520), КЛТ-40 (а/л «Таймыр» пр. 10580), РИТМ-200 (УАЛы пр. 22220 с 2019 г). На подводных лодках и атомных надводных кораблях военно-морского флота разновидностей (типов) малых реакторов, применяемых в энергетических установках этих судов, было (и есть в настоящее время) еще больше. Некоторые из них совершенно уникальные. В основном это реакторы, в которых теплоносителем была вода под давлением, а также было несколько проектов с жидкометаллическим теплоносителем.

Исследовательские реакторы – это ядерные реакторы, используемые в сферах научных исследований, разработок, образования и подготовки кадров. В настоящее время, по учету МАГАТЭ, на территории России находятся 124 исследовательских реактора различного типа и назначения мощностью от 0,1 до 200 000 кВт. Некоторые из указанных маломощных реакторов относятся к категории так называемых подкритических и критических сборок (стендов), т.е. устройств для экспериментального изучения характеристик и параметров размножающей нейтроны среды.

Все эти реакторы находятся в различном состоянии. 50 реакторов находятся в работе остальные – в состоянии "temporary shutdown", "extended shutdown", "decommissioned" или "decommissioning". Около 90 реакторов из 124 находятся в Москве, Подмосковье и Обнинске, остальные в других регионах России, в основном в Димитровграде и закрытых городах Росатома. Обращает на себя внимание, что, по данным МАГАТЭ, несколько десятков исследовательских реакторов остановлены и уже длительное время находятся в ожидании окончательной утилизации.

Россия работает над заменой своего экспериментального быстрого реактора БОР-60 в Научно-исследовательском институте атомных реакторов (НИИАР) в Димитровграде вблизи Ульяновска, где реактор был запущен в 1969 году. Он будет заменен реактором МБИР (многоцелевым реактором на быстрых нейтронах) мощностью 150 МВт с натриевым охлаждением, с расчетным сроком службы 50 лет. В Росатоме говорят, что реактор будет готов к эксплуатации в 2027 году¹⁰⁴.

¹⁰⁴ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Completion-of-MBIR-reactor-brought-forward>. Дата обращения 30 июня 2022 г.

МБИР сможет испытывать свинцовый, свинцово-висмутовый и газовый теплоносители, работая на МОКС-топливе. НИИАР намерен создать на территории МБИР установки замкнутого топливного цикла с использованием разработанной в опытно-промышленном масштабе пирохимической переработки. Компания, ответственная за строительство исследовательского реактора, – «АЭМ-Технолоджи». Проект МБИР планировалось открыть для иностранного сотрудничества совместно с Международным проектом Международного агентства по атомной энергии по инновационным ядерным реакторам и топливным циклам (ИНПРО)¹⁰⁵. Однако в ближайшее время эти планы навряд ли будут реализованы по причине геополитических и экономических проблем.

Резюмируя вышеизложенное, следует обратить внимание, что на территории России находится около 250 ядерных реакторов (с учетом ЯР военного назначения) различной мощности и назначения и на разных этапах жизненного цикла. Парк реакторов больших АЭС достаточно старый, 62% энергоблоков эксплуатируется с продленным ресурсом, а 10 энергоблоков находятся в процессе вывода из эксплуатации.

На текущий момент принята практика продлевать срок эксплуатации реакторов ВВЭР-440 (на Кольской АЭС) до 60 лет¹⁰⁶, реакторов РБМК-1000 – до 45 лет. Реакторы ВВЭР-1000 имеют проектный срок службы 30 лет, но, скорее всего, как и у ВВЭР-440, он будет продлеваться до 60 лет. На данный момент самому старому блоку ВВЭР-440 (блок № 5 Нововоронежской АЭС) чуть более 40 лет. Срок эксплуатации реактора БН-600 планируют также продлевать до 60 лет¹⁰⁷. Тем не менее, даже если выдерживать эти сроки и не строить замещающие блоки, то к 2035 году суммарная мощность атомного парка России сократится на треть, а к 2045 году – почти вдвое от уровня 2022 года.

Систему по выводу АЭС и других атомных объектов из эксплуатации, по разным причинам, включая организационные, структурные, экономические, технологический и др., можно оценивать как достаточно неотработанную. Поэтому в среднесрочной перспективе выведенные из эксплуатации блоки будут висеть тяжелым грузом на всей атомной промышленности. Темпы замены старых блоков на новые достаточно неспешные и, по всей видимости, ориентированы на то, что ядерная энергетика должна иметь свою реальную долю в 18-20% в энергобалансе России.

На 2022 год в России идет активное строительство лишь двух крупных атомных энергоблоков ВВЭР-ТОИ мощностью по 1250 МВт на Курской АЭС-2. Еще для четырех блоков на площадках Ленинградской АЭС-2 и Смоленской АЭС-2 идет подготовка к получению разрешительных документов и началу строительных работ в ближайшие 5 лет. Однако эти проекты реализуются с отставанием от ранее обозначенных планов.

¹⁰⁵ <http://www.world-nuclear-news.org/NN-Russia-starts-to-build-MBIR-vessel-27031702.html>

¹⁰⁶ <https://habr.com/ru/post/649235/>

¹⁰⁷ <https://www.atomic-energy.ru/news/2020/10/01/107466>

Эти планы, описанные в правительственных документах, предполагали строительство до 2035 года до 17 ГВт новых атомных мощностей. Однако текущая геополитическая ситуация скорее всего приведет к сокращению этих планов. По предварительно озвученным Правительством РФ цифрам, эти планы уже корректируются в сторону понижения – до чуть более 12 ГВт.

По данным МАГАТЭ, в России разрабатываются 17 проектов малых энергетических реакторов. В настоящее время в стране есть только два реально работающих SMR – это блоки КЛТ-40С на плавучей АЭС (ПАТЭС) «Академик Ломоносов», которая установлена в Певеке (Чукотский автономный округ) и должна заменить Билибинскую АЭС, которую должны вывести из эксплуатации с 2025 года.

Конкурентом АСММ могут быть возобновляемые источники энергии (ВИЭ), дешевизна и простота создания которых может быть определяющим фактором при принятии решений.

Вопрос строительства и использования плавучих АЭС все еще выглядит достаточно сомнительно, несмотря на то что у России имеются большой опыт и неплохие результаты по созданию транспортных морских атомных энергоустановок на ледоколах и атомных военных кораблях. Опыт создания первой ПАТЭС нельзя оценить положительно, главным образом по причине длительности строительства и высокой стоимости этой ПАТЭС. Но даже не это самое главное. Основные вопросы – зачем, для каких регионов необходимо строить такие энергоблоки, как и где создавать систему технического обеспечения (перезарядки реакторов, текущего, докового и капитального ремонта и т.д.), а также чем и как заменить уходящую в ремонт или в док плавучую АЭС.

Идея строительства плавучих АЭС на экспорт проблематична и вызывает опасения с точки зрения обеспечения ядерной, радиационной и физической безопасности и недопущения несогласованного и неконтролируемого распространения ядерных технологий и материалов по политически и экономически неблагоприятным и неустойчивым регионам мира.

Однако несмотря на все сомнения и неопределенности, в январе 2021 года генеральный директор Росатома Алексей Лихачев подтвердил стремление Госкорпорации продолжить строительство плавучей АЭС, заявив, что «мы прорабатываем с правительством создание флотилии плавучих атомных станций и я надеюсь, что этот план будет принят в 2021 году»¹⁰⁸.

Но сегодня такого плана нет. Ситуация для России, в первую очередь экономическая и геополитическая, сильно меняется в худшую сторону, поэтому перспективы Росатома по строительству плавучих АЭС на ближайшее десятилетие не ясны.

¹⁰⁸ <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/01/11/110347>

Глава IV.

Зарубежные проекты атомной отрасли России

В целом Россия остается важным игроком в международном атомном бизнесе. Росатом в горизонте 2021–2022 годов занимает первое место в мире по числу строящихся за рубежом блоков и по обогащению урана (40% рынка), второе место по добыче урана (если учитывать совместную добычу принадлежащих Росатому добывающих компаний АРМЗ и Uranium One среди уранодобывающих компаний^{109, 110}), третье место по поставкам ядерного топлива.

До начала войны с Украиной в международной системе соглашений о сотрудничестве в ядерной области доминировали два государства – Россия и США. После начала войны некоторые западные страны уже начали отказываться от российских энергетических ресурсов и проектов, включая проекты в области ядерной энергетики. Первым оказался финский консорциум, который 2 мая 2022 года объявил о расторжении контракта на строительство реактора российского дизайна мощностью 1 200 мегаватт в Финляндии.

Однако, несмотря на происходящее, Россия продолжает доминировать в международном строительстве АЭС, имея около 40% от общего числа соглашений на строительство. В настоящее время Росатом ведет свою деятельность в Европе, на Ближнем Востоке, в Северной Африке, а также в Азиатско-Тихоокеанском регионе. На начало 2022 года Росатом имел 152 своих предприятий различной направленности в 41 стране за рубежом. Среди этих предприятий особую роль играли 14 офисов Госкорпорации «Росатом» под управлением частного учреждения «Русатом – Международная Сеть», реализующего различные отраслевые функции за рубежом, в том числе и по строительству некоторых АЭС. Кроме этого, продолжает функционировать компания «Атомстройэкспорт» (АСЭ).

¹⁰⁹ https://www.report.rosatom.ru/go/rosatom/go_rosatom_2021/rosatom_2021_ru.pdf

¹¹⁰ <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx>

В октябре 2014 года Росатом открыл в Париже западноевропейский операционный центр, учредив французскую дочернюю компанию ROSATOM Western Europe SARL. Географическая зона, охватываемая этой компанией, включает Бельгию, Австрию, Великобританию, Германию, Грецию, Испанию, Италию, Нидерланды, Норвегию, Португалию, Финляндию, Францию, Швецию и Швейцарию.

В начале 2022 года портфель зарубежных заказов Госкорпорации «Росатом» на десятилетний период равнялся 139,9 млрд долларов США, в том числе 84 млрд на сооружение АЭС в различных странах. Строительство АЭС в развивающихся странах, таких как Бангладеш и Египет, сопровождается созданием социальной инфраструктуры (дорог, мостов и других объектов). В 2022 году в указанных странах Росатом планирует инвестировать в создание и развитие общественно-значимых объектов около 6 млрд руб.

«Беллона» полагает, что из-за последствий полномасштабной войны с Украиной международная деятельность ГК «Росатом» будет сокращаться. В тех странах, где у Росатома большие и долгосрочные действующие контракты по строительству АЭС, которые сложно разорвать или изменить, ситуация вряд ли может быстро поменяться, но в то же время все будет зависеть от геополитической ситуации. Малые и намечаемые в некоторых азиатских, африканских, южноамериканских и бывших советских республиках проекты, которые касаются создания совместных центров ядерной науки и технологий (Вьетнам, Киргизия, Казахстан, Армения, Эфиопия, Зимбабве, Бурунди, Никарагуа, Коста-Рика и др.), могут затормозиться, особенно если Росатом сократит свои представительства за рубежом.

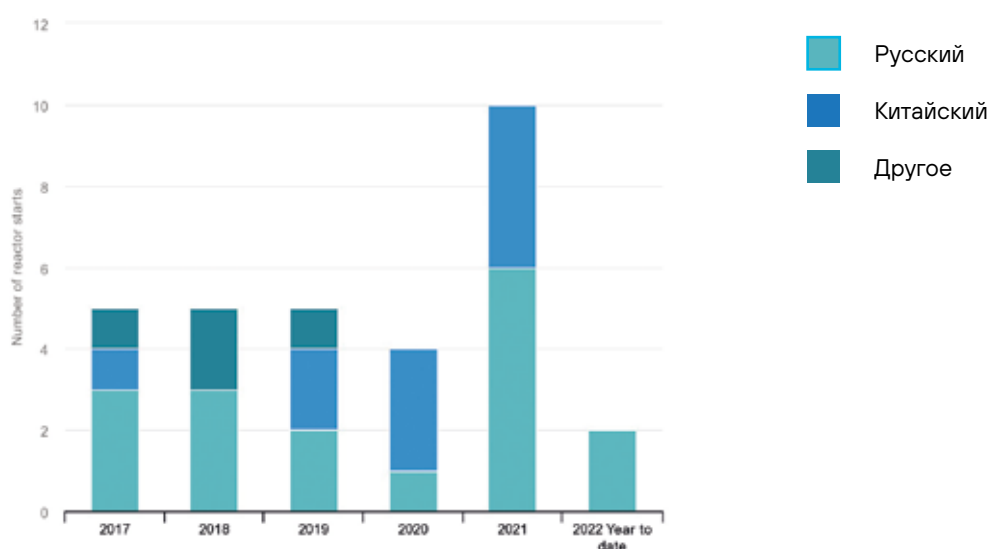


Рис. 5. Из 31 реактора, строительство которых запущено в мире с начала 2017 года, все кроме четырех имеют российский или китайский дизайн¹¹¹

¹¹¹ <https://www.iea.org/reports/nuclear-power-and-secure-energy-transitions/executive-summary>

В настоящее время основными текущими и потенциальными конкурентами на мировом рынке по проектированию, инжинирингу и строительству АЭС Росатом считает компании из Южной Кореи (Korea Electric Power Corp), Китая (China National Nuclear Corp, China General Nuclear Power Corp, State Power Investment Corporation), Франции (EDF Group⁷), США (Westinghouse Electric Company LLC) и Японско-американские компании (General Electric Co. и Hitachi Ltd).

4.1. Строительство АЭС за рубежом

Зарубежные проекты по строительству новых АЭС всегда носили для Росатома приоритетный характер по сравнению с другими проектами. Это можно объяснить тем, что для политического руководства России Росатом является ведомством, которое активно используется для достижения не только экономических, но и геополитических целей. Строительство атомных станций, приобретение зарубежных уранодобывающих и других компаний, открытие за рубежом собственных научных, образовательных и коммерческих филиалов – все это направлено на то, чтобы увеличить свое влияние на экономику, энергетику и в итоге на политику тех стран, куда приходит Росатом.

Казалось бы, что в нормальных условиях в этом нет ничего необычного, поскольку многие компании из развитых стран стремятся занимать зарубежные рынки, размещают за рубежом свои технологии и производства и тем самым, конечно, оказывают влияние на экономику и даже политику стран, в которые они приходят. Однако после начала войны с Украиной и начавшегося российского агрессивного энергетического шантажа, с которым столкнулись многие страны, стало понятно, что попадать в какую-то экономическую или энергетическую зависимость от России становится очень рискованно и нежелательно в перспективе. Россия показала всему миру, что стала опасной агрессивной страной с непредсказуемой внутренней и внешней политикой.

В 2009 году Росатом предложил новую концепцию по строительству атомных станций за рубежом по формуле «строю-владею-эксплуатирую» («ВОО» Build – Own – Operate). Первая реализация этой модели началась в 2010 году в Турции на сооружении АЭС «Аккую». Второй АЭС, которая должна была сооружаться по этой модели, была АЭС в Финляндии «Ханхикиви-1». Но из-за большой задержки строительства, а затем и начала войны в Украине, проект был остановлен. Таким образом, Росатом, который планировал вложить в строительство финской АЭС 34% её стоимости, а также обеспечивать топливный цикл этой станции, несет убытки по причине наступления политических рисков.

В нормальных условиях, для многих стран, концепция «ВОО», с экономической и технологической точки зрения, могла бы быть достаточно привлекательной с учетом еще и того, что Россия на выгодных условиях предоставляет многим зарубежным

странам государственные экспортные долгосрочные кредиты в размерах до 90%¹¹² от стоимости строительства АЭС. Кроме этого, Россия предлагает такую модель обращения с отработавшим ядерным топливом, которая предусматривает возможность возвращения ОЯТ назад в Россию и в некоторых случаях, без возврата радиоактивных отходов в страну, использовавшую это топливо. В настоящий момент сложно назвать для каких стран предлагаются такие «льготы», поскольку межправительственные соглашения, как правило, закрыты. Однако, следует сказать, что условий невозврата РАО в страну, наработавшую ОЯТ, не предлагает ни одна другая страна или компания мира. В 2021 году зарубежная выручка Росатома от строительства АЭС составила около 5 млрд долл. Госкорпорация «Росатом» заявляет, что на начало 2022 года в портфель проектов сооружения АЭС за рубежом входило 35 энергоблоков, которые находятся на разных этапах реализации (Табл. 8).

Кроме строящихся и планируемых энергоблоков, указанных в Табл. 8, у Росатома в настоящий момент есть намерения и некоторые договоренности реализовывать проекты по строительству АЭС в бывших советских республиках.

Между властями Армении и ГК «Росатом» было подписано соглашение, остающееся актуальным в настоящее время, о возможном строительстве новых энергоблоков на месте нынешней атомной электростанции в Мецаморе. Кроме этого, ГК «Росатом» внесла свой вклад в продление срока эксплуатации до 2026 года второго энергоблока Мецаморской АЭС¹¹³. В настоящий момент обсуждается возможное продление работы АЭС еще на 10 лет¹¹⁴, а также строительство в стране новой АЭС¹¹⁵.

Узбекистан и Россия в декабре 2017 года подписали межправительственное соглашение о сотрудничестве в области использования атомной энергии в мирных целях. В сентябре 2018 года между двумя странами было подписано межправительственное соглашение о строительстве двух блоков ВВЭР-1200 в Навоийской области Узбекистана. Цель соглашения состояла в том, чтобы выбрать площадку и предоставить лицензию на нее к сентябрю 2020 года. Пуск первого энергоблока изначально планировался к концу 2028 года. Однако переговоры затянулись из-за технических вопросов, и контракт на строительство двух блоков ВВЭР-1200 в настоящее время еще не заключен.

В Киргизии ГК «Росатом» предлагает соорудить АЭС на базе реакторов малой мощности.

Кроме зарубежных проектов, указанных в таблице и перечисленных выше, других реализуемых ГК «Росатом» проектов по строительству АЭС в настоящее время нет.

¹¹² https://atom.belta.by/ru/belaes_ru/view/belarus-i-rossija-obsuzhdajut-prodlenie-sroka-kredita-na-stroitelstvo-belaes-na-10-let-karankevich-10251/

¹¹³ https://www.report.rosatom.ru/go/rosatom/go_rosatom_2021/rosatom_2021_ru.pdf

¹¹⁴ <https://www.rosatom.ru/journalist/news/pri-uchastii-rosatoma-zavershen-proekt-po-modernizatsii-i-prodleniyu-sroka-ekspluatatsii-armyanskoj-/>

¹¹⁵ <https://rusatom-energy.ru/media/rosatom-news/rosatom-i-zao-aykakan-atomayin-elektrakayan-armeniya-podpisali-soglashenie-o-sotrudnichestve-po-soor/>

Табл. 8. Заграничные проекты Росатома

№ п/п	Наименование объекта и количество ЭБ из портфеля ГК «Росатом»	Тип энергоблока	Основные события на зарубежных объектах ГК «Росатом» в 2021-2022 годах
1	Белорусская АЭС (два ЭБ)	ВВЭР-1200	В 2021 г. введен в эксплуатацию ЭБ № 1. На ЭБ № 2 начат физический пуск.
2	АЭС «Аккую», Турция (четыре ЭБ)	ВВЭР-1200	Март 2021 г. – начало строительства 3-го ЭБ. В проектное положение установлен корпус реактора ЭБ № 1. Май 2022 г. – в реакторном отделении ЭБ № 1 смонтирован пятый ярус внутренней защитной оболочки. Июль 2022 г. – на ЭБ № 4 залит первый бетон. Сентябрь 2022 г. – на ЭБ № 2 завершилась установка корпуса реактора.
3	АЭС «Пакш 1» (два ЭБ) АЭС «Пакш 2», Венгрия (два ЭБ)	ВВЭР-440 ВВЭР-1200	Летом 2022 г. заявлено о решении продлить срок службы реакторов ВВР-440 на АЭС «Пакш-1». В августе 2022 г. нац. регулятор выдал разрешение на строительство двух ЭБ с реакторами ВВЭР-1200. Осенью 2023 года планируется начать строительство двух ЭБ ВВЭР-1200 (№ 5 и № 6) АЭС «Пакш-2».
4	АЭС «Эль-Дабба», Египет (четыре ЭБ)	ВВЭР-1200	Июнь 2021 г. – переданы лицензионные документы регулятору Египта на ЭБ № 1 и № 2. Декабрь 2021 г. – передана лицензионная документация на ЭБ № 3 и № 4. Декабрь 2021 г. – передан технический проект на ЭБ № 1 и № 2. Июнь 2022 г. – Росатому выдана лицензия на строительство АЭС. Июль 2022 г. – залит первый бетон для ЭБ № 1. До 2028 г. планируется построить все четыре ЭБ.
5	АЭС «Куданкулам», Индия (шесть ЭБ)	ВВЭР-1000	Июнь 2021 г. – начато строительство ЭБ № 5 и № 6, залит первый бетон. Завершение строительства ЭБ № 5 и № 6 намечено на 2027 г. Обсуждается строительство еще 6 новых ЭБ. Апрель 2022 г. – до 2026 года продлен срок достройки хранилища для ОЯТ блоков № 1 и № 2.
6	АЭС «Бушер 2» Иран (два ЭБ)	ВВЭР-1000	Идет строительство ЭБ № 2 и № 3, которое должно быть завершено в 2024 и 2026 г. соответственно.
7	АЭС «Руппур», Бангладеш (два ЭБ)	ВВЭР-1200	Август 2021 г. – на площадку сооружения доставлен корпус реактора ЭБ № 2. Сентябрь 2021 г. – завершена установка корпуса реактора ЭБ № 1 в проектное положение. В плане 2022 г. – установка корпуса реактора ЭБ № 2 АЭС в проектное положение. В 2023 и 2024 г. прогнозируется начать выработку электроэнергии на двух блоках.
8	Тяньваньская АЭС, Китай (восемь ЭБ)	ВВЭР-1000 ВВЭР-1200	Май 2021 г. – получена лицензия на сооружение ЭБ № 7 и № 8. Май 2021 г. – залит первый бетон ЭБ № 7. февраль 2022 г. – заливка первого бетона ядерного острова ЭБ № 8.
9	АЭС «Сюйдапу», Китай (два ЭБ)	ВВЭР-1200	Июль 2021 г. – получена лицензия на сооружение ЭБ № 3 и 4. Июль 2021 г. – залит первый бетон ЭБ № 3. Май 2022 г. – заливка первого бетона ЭБ № 4.
10	АЭС «Ханхикиви», Финляндия (один ЭБ)	ВВЭР-1200	Май 2022 г. – финская компания Fennovoima расторгла контракт на строительство АЭС в связи с вторжением России в Украину

4.2. Исследовательские и научные предприятия

Основные исследовательские и научные проекты, который реализует в настоящее время ГК «Росатом» за рубежом, касаются создания профильных площадок и научно-образовательной инфраструктуры для проведения на их базе мероприятий, нацеленных на продвижения российских ядерных технологий.

В 2021-2022 годах в Бангладеш, Боливии, Сербии, Венгрии, Руанде, Вьетнаме, Узбекистане и других странах шли согласования проектов, а также создание центров ядерной науки и технологий (ЦЯНТ) и их информационных площадок. В составе ЦЯНТ, как правило, сооружается исследовательский реактор, создается комплекс лабораторий, опционально многоцелевой центр облучения, а также центр ядерной медицины.

Россия продолжает сотрудничество по проекту ИТЭР (International Thermonuclear Experimental Reactor) международного проекта семи государств, направленного на строительство крупнейшего в мире экспериментального термоядерного ТОКОМАК-реактора.

4.3. Урановые и топливные проекты

Добыча урана Росатомом на месторождениях за пределами России в 2021 году составила около 4500 т¹¹⁶ урана, что в 1,8 раза выше, чем 2635 т, добытые в России. Росатом владеет важными зарубежными активами по добыче урана и на сегодняшний день полностью выкупил¹¹⁷ бывшую канадскую компанию Uranium One Inc., в рамках которой сосредоточил иностранные активы в основном в Казахстане. Совместно с НАК «Казатомпром» Uranium One владеет различными долями – от 30% до 70%, в шести месторождениях в Казахстане¹¹⁸. Помимо месторождений в Казахстане Uranium One владеет месторождениями в Намибии и Танзании¹¹⁹, но разработка на них пока не началась.

Суммарная добыча урана компаниями «АРМЗ» и Uranium One, входящими в Росатом, в 2021 году составила 7100 т, или около 15% мировой добычи.

¹¹⁶ 7100 (суммарная добыча в 2021) - 2635 (добыча АРМЗ в 2021) = 4465 т

¹¹⁷ <https://financialpost.com/commodities/mining/uranium-one-bought-by-top-russian-shareholder-armz-for-1-3-billion>

¹¹⁸ <https://uranium1.com/ru/our-operations/#operations>

¹¹⁹ <https://strana-rosatom.ru/2022/09/23/vzyali-pod-krylya-kak-prodvigaetsya-p/>

Табл. 9. Добыча урана крупнейшими уранодобывающими компаниями в 2021 году.
 Источник: WNA¹²⁰

Company	tonnes	% of world total
Kazatomprom	11,858	25
Orano	4541	9
Uranium One	4514	9
Cameco	4397	9
CGN	4112	9
Navoi Mining	3500	7
CNNC	3562	7
ARMZ	2635	5
General Atomics/Quasar	2241	5
BHP	1922	4
Energy Asia	900	2
Sopamin	809	2
VostGok	455	4
Other	2886	6
Total	48,332	100

В 2021 году 14% урана в США было поставлено российскими компаниями. В 2020 году эта доля была выше – 20%. В абсолютном выражении, в 2020 году Россия экспортировала в США около 3100 т урана, а в ЕС – около 2500 т¹²¹. В среднем же за 2017–2021 годы США закупали у России по 2400 т урана в год, а ЕС в среднем за 2016–2020 годы – по 2800 т урана. По данным Investigate Europe, в 2021 году ЕС закупил в РФ 20% требуемого урана, или 2358 т, заплатив России 210 млн евро¹²².

Конверсия и обогащение урана являются теми проектами, которые ставят мировую атомную отрасль, и европейскую в частности, в достаточно большую зависимость от Росатома. Росатом имеет около 20% мировых мощностей по конверсии урана

¹²⁰ <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx>

¹²¹ <https://thebulletin.org/2022/08/us-and-eu-imports-of-russian-uranium-and-enrichment-services-could-stop/>

¹²² <https://www.investigate-europe.eu/en/2022/russias-multi-million-euro-nuclear-exports-untouched-by-eu-sanctions/>

(12500 т) и занимает около 30%¹²³ мирового рынка конверсии урана. Его доля в услугах по конверсии урана для стран ЕС в последние годы составляет около 25%, или чуть более 3000 т урана в абсолютных показателях.

Табл. 10. Мировые мощности по конверсии урана и их использование.
Источник: WNA¹²⁴

Company	Country	Location	Nameplate capacity (tU)	Capacity utilization (%)	Capacity utilization (tU)
Orano	France	Pierrelatte & Malvesi	15,000	17%	2600
CNNC	China	Lanzhou & Hengyang	15,000	53%	8000
Cameco	Canada	Port Hope	12,500	72%	9000
Rosatom	Russia	Seversk	12,500	96%	12,000
ConverDyn USA	Metropolis	7000	0%	0	
Total			62,000	51%	31,600

World Nuclear Association Nuclear Fuel Report (2021 edition)

Россия обладает около 45%¹²⁵ мировых мощностей по обогащению урана (27,7 млн ЕРР) и занимает около 36%¹²⁶ на мировом рынке услуг по обогащению урана.

В 2021 году в США 28%¹²⁷ услуг по обогащению урана было заказано в России. В ЕС в 2021 году этот показатель составил 31%, что на 8% больше, чем годом ранее¹²⁸. По оценкам экспертов The Bulletin of the Atomic Scientists¹²⁹, совокупный ежегодный экспорт урана и услуг по обогащению в США и ЕС приносит России порядка \$1 млрд в год. По другим оценкам от The Washington Post, экспорт урановых продуктов и услуг только в США в 2021 году мог достигать \$1 млрд¹³⁰.

В абсолютных цифрах в течение 2017-2021 годов атомные компании США закупали в среднем 3,3 млн ЕРР в год в России. Компании из ЕС в течение 2016-2020 годов закупали в среднем 3,4 млн т ЕРР в год в России¹³¹.

¹²³ <https://world-nuclear.org/getmedia/9a2f9405-1135-407a-85c8-480e2365bee7/nuclear-fuel-report-2021-expanded-summary.pdf.aspx>, сmp. 32

¹²⁴ <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/conversion-enrichment-and-fabrication/conversion-and-deconversion.aspx>

¹²⁵ <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/conversion-enrichment-and-fabrication/uranium-enrichment.aspx>

¹²⁶ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-10-07/france-mulls-new-uranium-plant-to-cut-west-s-reliance-on-russia>

¹²⁷ <https://www.eia.gov/uranium/marketing/>

¹²⁸ https://euratom-supply.ec.europa.eu/publications/esa-annual-reports_en, сmp. 22

¹²⁹ <https://thebulletin.org/2022/08/us-and-eu-imports-of-russian-uranium-and-enrichment-services-could-stop/>

¹³⁰ <https://www.washingtonpost.com/politics/2022/04/20/does-russia-sell-nearly-1-billion-uranium-us-year/>

¹³¹ <https://thebulletin.org/2022/08/us-and-eu-imports-of-russian-uranium-and-enrichment-services-could-stop/>

По итогам 2021 года в мире наблюдается переизбыток мощностей по обогащению урана. На более 57 млн ЕРР мощностей предложения приходилось лишь 52 млн ЕРР спроса¹³². Еще около 9 млн ЕРР приходилось на обеспечение вторичных поставок. С учетом внешней изоляции России и попыток снижения зависимости ЕС и США от российских услуг в атомной сфере рассматриваются различные способы повышения их собственных мощностей по конверсии и обогащению.

Например, французская компания Orano может нарастить мощности обогащения на заводе Georges Besse II с 7,5 до 11 млн ЕРР за 1,3 млрд евро к 2028 году, если это одобрит совет директоров в 2023 году. Компания Urenco Ltd также сообщила о том, что рассматривает варианты для размещения новых мощностей и увеличения производства¹³³. Также, согласно данным WNA¹³⁴, текущие западные мощности по конверсии урана работают на 40% загрузки, но ожидается, что с 2026 года их загрузка вырастет до 90%.

Кроме того, Россия является единственным в мире поставщиком HALEU (урана с обогащением от 5% до 20%), необходимого для развития продвинутых реакторов и SMR¹³⁵. Французская Orano заявляет, что может начать производство HALEU через пять-восемь лет, но подаст заявку на получение лицензии на производство только после того, как у нее появятся клиенты с долгосрочными контрактами. Правительство США уже поддерживает ряд американских проектов SMR, использующих HALEU, которые должны заработать к концу десятилетия. Поэтому DOE планирует выделить 700 млн долларов для развития поставок HALEU в консорциуме с компанией Centrus. Однако даже после ожидаемого пуска завода в 2023 году пройдет пять лет, прежде чем Centrus сможет начать производить 13 тонн HALEU в год, и даже после этого это, как ожидается, покроет лишь треть спроса в США. Поэтому в качестве альтернативного варианта в США рассматривается разбавление части запасов оружейного урана¹³⁶.

Поставки топлива на экспорт

По данным Росатома, на начало 2022 года его топливная компания «ТВЭЛ» поставляла топливо на 75 энергетических реакторов АЭС в мире¹³⁷. На эти реакторы Росатом поставлял топливо полностью или частично, но с началом войны Украина полностью отказалась от закупок и поставок российского топлива. Это означает, что без учета поставок на новые или готовящиеся к запуску блоки (Белорусская АЭС-2, «Аккую-1», «Руппур-1») на начало 2023 года число реакторов АЭС, на которые поставляла топливо компания «ТВЭЛ», сократилось с 75 до 62.

¹³² https://euratom-supply.ec.europa.eu/publications/esa-annual-reports_en, cmp. 68

¹³³ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-10-07/france-mulls-new-uranium-plant-to-cut-west-s-reliance-on-russia>

¹³⁴ <https://world-nuclear.org/getmedia/9a2f9405-1135-407a-85c8-480e2365bee7/nuclear-fuel-report-2021-expanded-summary.pdf.aspx, cmp. 32>

¹³⁵ <https://www.reuters.com/business/energy/americas-new-nuclear-power-industry-has-russian-problem-2022-10-20/>

¹³⁶ <https://www.reuters.com/business/energy/americas-new-nuclear-power-industry-has-russian-problem-2022-10-20/>

¹³⁷ <https://www.tv-el.ru/activity/> (дата обращения 18.10.22)

Табл. 11. Действующие договоры на зарубежные поставки топлива Росатома

Страна	АЭС (№ блоков)	Тип реактора	Альтернативные поставки
Украина*	Запорожская (2,6)*	2 из 6 ВВЭР-1000*	Отказ от поставок российского топлива с 2022 года. Контракт на топливо Westinghouse для ВВЭР-1000 и испытания топлива для ВВЭР-440 с 2024 года.
	Хмельницкая (1,2)	2 ВВЭР-1000	
	Южно-Украинская(1)*	1 из 3 ВВЭР-1000*	
	Ровенская (1,2,4)*	1 из 2 ВВЭР-1000*, 2 ВВЭР-440	
Чехия	«Темелин» (1,2)	2 ВВЭР-1000	Контракт о переводе на топливо Westinghouse и Framatome АЭС «Темелин» с двумя ВВЭР-1000 с 2024 года ¹³⁸ .
	«Дукованы» (1-4)	4 ВВЭР-440	
Венгрия	«Пакш» (1-4)	4 ВВЭР-440	
Финляндия	«Ловииса» (1,2)	2 ВВЭР-440	Контракт с Westinghouse на поставки топлива с 2027-2030 годов.
Словакия	«Богунице» (3,4)	2 ВВЭР-440	
	«Моховце» (1,2)	2 ВВЭР-440	
Болгария	«Козлодуй» (5,6)	2 ВВЭР-1000	Контракт с Westinghouse на 10 лет о поставке ядерного топлива для пятого энергоблока АЭС ¹³⁹ с 2024 года.
Армения	Армянская (2)	1 ВВЭР-440	
Индия	«Куданкулам» (1,2)	2 ВВЭР-1000	
Китай	«Сяпу» (Хиару) (1,2)	2 CFR-600	
Иран	«Бушер» (1)	1 ВВЭР-1000	
Беларусь	Белорусская (1)	1 ВВЭР-1200	

*Украина активно использует альтернативное российскому топливо Westinghouse для реакторов ВВЭР-1000. Оно загружено полностью минимум в два реактора и частично еще в пять. При этом в ходе войны Украина приняла решение полностью отказаться от поставок российского топлива.

Объем поставляемого за границу топлива (за полным исключением Украины) можно оценить примерно в 300 т/год¹⁴⁰. При ценах до \$1 млн (грубая оценка сверху) за среднюю ТВС ВВЭР-1000 с 0,5 т топлива, стоимость поставляемого Росатомом за границу топлива не превышает \$0,5-0,6 млрд в год.

¹³⁸ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Framatome-and-Westinghouse-to-supply-fuel-to-Temel>

¹³⁹ <https://info.westinghousenuclear.com/news/westinghouse-vver-1000-nuclear-fuel-fabrication-agreement-helps-cement-bulgarias-energy>

¹⁴⁰ $300=7*23$ (потребность для 7 блоков ВВЭР-1000) + $15*7,5$ (потребность для 15 ВВЭР-440) + 26 (годовая потребность одного ВВЭР-1200) + $2*12$ (потребности двух CFR-600) – примерные оценки «Беллоны»

Кроме того, Росатом строит новые АЭС, включающие комплексные контракты на поставки топлива, а также межправительственные договоренности (закрытые) о возврате отработавшего ядерного топлива в Россию на переработку.

Исключение составляет Китай, который самостоятельно¹⁴¹ по российской технологии производит топливо для уже построенных Росатомом в Китае в 2006–2018 годах четырех ВВЭР-1000 на АЭС «Тяньвань». Для четырех ВВЭР-1200, которые Росатом сейчас строит в Китае¹⁴², а также для других проектов зарубежныхстроек, Росатом предлагает поставки топлива как минимум для начальной загрузки и работы в первые несколько лет.

Табл. 12. Строящиеся Росатомом АЭС за рубежом, предполагающие поставки топлива

Страна	АЭС (№ блоков)	Тип реактора
Турция	«Аккую» (1-4)	4 ВВЭР-1200
Китай	«Сюйдапу» (3,4) и Тяньвань (7,8)	4 ВВЭР-1200
Индия	«Куданкулам» (3-6)	4 ВВЭР-1000
Египет	«Эль-Дабаа» (1-4)	4 ВВЭР-1200
Бангладеш	«Руппур» (1,2)	2 ВВЭР-1200
Иран	«Бушер-2» (1)	1 ВВЭР-1200
Беларусь	Белорусская АЭС (2)	1 ВВЭР-1200

Объем дополнительных поставок топлива для АЭС, которые Росатом строит за границей, после ввода их в эксплуатацию ориентировочно к 2030 году можно оценить в 500 т/год¹⁴³.

Обзор ситуации с поставками топлива в отдельных странах

В 2022 году, уже после начала полномасштабной войны в Украине и после введения запретов на пролеты российских самолетов в воздушном пространстве ЕС, Россия получила разрешение и поставила авиатранспортом топливо для европейских стран: в марте в Словакию, в апреле в Венгрию. С апреля Чехия получила три партии топлива¹⁴⁴.

Украина

Разработка первого проекта топлива Westinghouse ВВЭР-1000 для поставки в Украину началась в 2001 году в результате правительственного соглашения между Укра-

¹⁴¹ <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-fuel-cycle.aspx>

¹⁴² <https://rosatom-energy.ru/media/rosatom-news/toplivnaya-kompaniya-rosatoma-tvel-postavit-toplivo-dlya-novykh-energoblokov-aes-syudaypu-kitay/>

¹⁴³ =4*23т (годовая потребность топлива для 4 ВВЭР-1000)+16*25 (годовая потребность топлива для 16 ВВЭР-1200)

¹⁴⁴ <https://ria.ru/20220401/toplivo-1781400738.html>

иной и США об энергетическом сотрудничестве и безопасности¹⁴⁵. В 2008 году был подписан первый контракт на поставки топлива между Энергоатомом и Westinghouse. В 2018 году действие контракта пролонгировано до 2025 года¹⁴⁶. В июне 2022 года контракт был расширен и теперь подразумевает полный отказ от российского топлива и переход на топливо Westinghouse¹⁴⁷.

В 2022 году поставка американского топлива осуществляется уже на семь блоков ВВЭР-1000 в Украине: четыре на Запорожской АЭС, два – на Южно-Украинской и с 2022 года один блок на Ровенской АЭС. Перевод активных зон на новое топливо проводится постепенно, процесс занимает несколько лет. С 2018 года полностью на американском топливе работает блок № 3 ЮУАЭС, в 2019 году на него полностью переведен блок № 5 на ЗАЭС, в 2020 – № 2 на ЮУАЭС и № 1 на ЗАЭС, а в 2021 году – блоки 3 и 4 на ЗАЭС. Таким образом, к середине 2020 года шесть блоков полностью работают на американском топливе, а блок Ровенской АЭС – частично. Его полный перевод на американское топливо ожидается в 2025 году¹⁴⁸.

Соответственно на российском топливе продолжают работу шесть блоков ВВЭР-1000 (2 на Хмельницкой, 1 на Ровенской, 2 на Запорожской и 1 на Южно-Украинской), и два блока ВВЭР-440 на Ровенской АЭС.

Соглашение о лицензировании топлива Westinghouse для украинских ВВЭР-440 подписано в 2020 г. В 2024 ожидается загрузка первой опытной партии в количестве до 12 ТВС, а текущий контракт подразумевает в общей сумме поставку 1056 топливных сборок¹⁴⁹, чего достаточно для полной загрузки двух украинских реакторов ВВЭР-440.

Действующий контракт на поставки ядерного топлива на АЭС Украины между Энергоатомом и Топливной компанией Росатома «ТВЭЛ» истекает в 2025 г. В 2018 г. к нему было подписано дополнительное соглашение, которое предусматривает сокращение объемов поставок российского топлива¹⁵⁰.

Чехия

Весной 2022 г. оператор чешских АЭС CEZ подписал пятнадцатилетний контракт с Westinghouse и Framatome на поставки с 2024 года¹⁵¹ топлива для АЭС «Темелин» с двумя реакторами ВВЭР-1000. По словам представителей CEZ, сейчас АЭС «Темелин» имеет запас топлива более чем на два года, АЭС «Дукованы» – на три года¹⁵². Топливо для четырех ВВЭР-440 до сих пор поставляется из России.

¹⁴⁵ <https://www.neimagazine.com/features/featurediversification-of-the-vver-fuel-market-4682502/>

¹⁴⁶ <https://www.energoatom.com.ua/app-eng/parts/pdf-file/nonfinpeport2020.pdf>

¹⁴⁷ <https://info.westinghousenuclear.com/news/energoatom-and-westinghouse-reaffirm-clean-energy-partnership>

¹⁴⁸ <https://www.neimagazine.com/news/newswestinghouse-fuel-assemblies-delivered-to-rovno-npp-8919297>

¹⁴⁹ <https://world-nuclear-news.org/Articles/Energoatom-contracts-Westinghouse-for-VVER-440-fue>

¹⁵⁰ <https://www.vedomosti.ru/politics/news/2022/03/11/913033-ukraina-yadernoe-toplivo>

¹⁵¹ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Framatome-and-Westinghouse-to-supply-fuel-to-Temel>

¹⁵² <https://ria.ru/20220401/toplivo-1781400738.html>

Словакия

В 2019 году был подписан контракт с ТВЭЛ о поставках топлива до 2026 года с возможностью продления до 2030 года¹⁵³. При этом к четырем уже работающим в Словакии ВВЭР-440 добавился пятый блок на «Моховце-3», где в октябре 2022 был проведен физический пуск. В марте 2022 года была последняя поставка топлива, текущих его запасов хватит на два года.

Болгария

Болгария планирует с 2024 года перевести оба действующих блока с реакторами ВВЭР-1000 своей АЭС «Козлодуй» на альтернативные российскому топливу поставки от компаний Framatome и Westinghouse. Последний с 2019 года уже проходит лицензионные процедуры, которые должны завершиться к 2024 году¹⁵⁴.

22 декабря руководство АЭС «Козлодуй» подписало с компанией Westinghouse договор на 10 лет о поставке ядерного топлива для пятого энергоблока АЭС¹⁵⁵. До конца 2022 года планируется подписать аналогичный договор с компанией Framatome о поставках топлива для шестого блока.¹⁵⁶

Венгрия

В 2017 году был подписан контракт на разработку и поставку модифицированного топлива для четырех реакторов ВВЭР-440 АЭС «Пакш». В 2020 была первая поставка нового топлива¹⁵⁷. В марте-апреле 2022 года, несмотря на транспортные ограничения между Россией и ЕС, Венгрия пополнила запасы топлива для своих АЭС. Правда, топливо пришлось доставлять воздушным путем через территорию Беларуси и Польши. Обе страны пока колеблются, отказываться ли от российского ядерного топлива, поскольку топливо потенциального американского поставщика Westinghouse на 20% дороже.

Финляндия

Росатом имеет контракт на поставки топлива для двух реакторов ВВЭР-440 на АЭС «Ловииса» на весь текущий срок их эксплуатации¹⁵⁸, до 2027 и 2030 годов, когда им исполнится по 50 лет. В 2021 году Росатом по дополнительному соглашению к контракту от 2018 года закончил разработку новой модификации топлива для этих энер-

¹⁵³ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Slovenske-elektarne-signs-Russian-fuel-supply-dea>

¹⁵⁴ <https://www.mediapool.bg/framatom-vliza-v-bitkata-za-dostavka-na-svezho-yadreno-gorivo-u-nas-news341055.html>

¹⁵⁵ <https://info.westinghousenuclear.com/news/westinghouse-vver-1000-nuclear-fuel-fabrication-agreement-helps-cement-bulgarias-energy>

¹⁵⁶ <https://www.atomic-energy.ru/news/2022/12/22/131466>

¹⁵⁷ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/TVEL-completes-development-of-modified-fuel-for-Pa>

¹⁵⁸ <https://rosatom-energy.com/media/rosatom-news/tvel-fuel-company-of-rosatom-to-develop-new-modification-of-nuclear-fuel-for-loviisa-npp-in-finland/>

гоблоков¹⁵⁹. Весной 2022 года компания – оператор АЭС Fortum подала заявку на получение лицензии на эксплуатацию обоих энергоблоков «Ловииса» до 2050 года и объявила, что будет проведен новый тендер на поставки топлива на этот период. В ноябре 2022 года Fortum подписал соглашение с Westinghouse Electric Company на проектирование, лицензирование и поставку нового вида топлива для блоков ВВЭР-440¹⁶⁰. В основе нового вида топлива лежит топливо компании British Nuclear Fuel Limited, которое поставлялось на АЭС «Ловииса» в 2001-2007 годах параллельно с топливом, поставляемым российским ТВЭЛ в начале 2000 годов.

Индия

В июне 2022 года Топливная компания Росатома «ТВЭЛ» поставила в Индию первые партии ядерного топлива ТВС-2М для двух действующих блоков 1 и 2 АЭС «Куданкулам» с реакторами ВВЭР-1000. После дозаправки в июле 2022 года энергоблок 1 начнет свою работу в 18-месячном топливном цикле с топливом UTVS, работающим в настоящее время в 12-месячном рабочем цикле. При этом ТВЭЛ будет выполнять соглашение с Департаментом атомной энергии (DAE) / Nuclear Power Corporation of India Limited (NPCIL) о внедрении ядерного топлива ТВС-2М с 18-месячными эксплуатационными циклами для ККНЭС.

Армения

АО «ТВЭЛ» и ЗАО «Айкакан атомайин электракаян» (Армянская АЭС) подписали контрактные документы на поставку российского ядерного топлива. Поставка будет выполнена в IV квартале 2022 года, что позволит полностью обеспечить текущие потребности Армянской АЭС в свежем ядерном топливе. На единственный в Армении действующий атомный энергоблок мощностью 448,25 МВт поставляется виброустойчивое топливо для реактора ВВЭР-440 производства Машиностроительного завода (АО «МСЗ», предприятие Топливной компании Росатома «ТВЭЛ» в г. Электросталь).

4.4. Международные услуги по обращению с ОЯТ

Ряд контрактов на строительство российских АЭС за рубежом предполагает оказание комплексных услуг не только по поставкам свежего топлива, но и по возврату ОЯТ в Россию. С учетом внедряемых элементов замкнутого ЯТЦ в Росатоме разрабатывается предложение для зарубежных заказчиков под названием «Сбалансированный ЯТЦ»¹⁶¹. Поставщику ОЯТ предлагается после его переработки осуществлять возврат

¹⁵⁹ <https://www.neimagazine.com/news/newsrosatom-modifies-nuclear-fuel-for-loviisa-npp-8766574>

¹⁶⁰ <https://www.fortum.com/media/2022/11/fortum-and-westinghouse-electric-company-sign-agreement-design-and-supply-new-fuel-type-loviisa-power-plant>

¹⁶¹ <http://atominfo.ru/newsz05/a0501.htm>

короткоживущих РАО, не требующих захоронения в глубоких геологических формациях, с определением количества и активности таких отходов с использованием принципа радиационного эквивалента. Извлечение и использование ядерных материалов, урана и плутония, а также утилизация долгоживущих радионуклидов в таком подходе предполагается на российской инфраструктуре. Предложение ориентировано прежде всего на зарубежных потребителей, эксплуатирующих и/или строящих АЭС по российским проектам (Беларусь, Венгрия, Турция и др.). Например, принятая концепция обращения с ОЯТ Белорусской АЭС предполагает вывоз в РФ около 5300 ОТВС или около 2500 т ОЯТ за 60 лет работы двух блоков ВВЭР-1200 с последующим возвратом остеклованных РАО без долгоживущих изотопов¹⁶².

Обобщая изложенное выше, следует ожидать, что в ближайшей перспективе Росатом, несмотря на неблагоприятную для него политико-экономическую ситуацию, будет стремиться удержать свои позиции в атомном бизнесе в первую очередь за счет нового продвижения своих проектов в страны третьего мира, предлагая проекты по размещению на их территориях АЭС, создания компаний по добыче урана и других ископаемых, а также сохранения своих позиций в таких восточных и африканских государствах как Турция, Иран, Индия, Египет, Бангладеш и частично в Китае.

Что касается западных стран, то Росатом какое-то время сохранит свое присутствие в первую очередь в тех странах, которые используют российское топливо (Чехия, Словакия, Болгария), а также в странах, которые терпимо и благосклонно относятся к путинскому режиму и которые согласились на строительство у них новых АЭС российского дизайна (Венгрия, Беларусь, Армения). Следует признать, что клиентом Росатома № 1 в Западной Европе является Франция. Такие французские компании как EDF, Orano, Framatome, Fortum имеют сегодня действующие стратегические соглашения с Росатомом. Кроме этого, Росатом поддерживает тесные связи с Комиссией по атомной энергии Франции (СЕА). Возможно, это одна из причин того, что на Росатом еще не наложили прямых санкций.

Вероятно, в ближайшей перспективе партнерские связи у Росатома будут сокращаться и, возможно, даже теряться, но это будет происходить небыстро и далеко не со всеми партнерами, поскольку существует достаточно много долгосрочных договоров, разрыв которых будет убыточным для всех сторон. Росатом болезненно относится к ситуации с прекращением договоров в одностороннем порядке и, вероятней всего, в таких случаях будет пытаться компенсировать свои убытки через суд, как это происходит, например, после разрыва договора о строительстве Росатомом АЭС «Ханхикиви» в Финляндии¹⁶³.

¹⁶² http://www.gidropress.podolsk.ru/files/proceedings/mntk2019/documents/mntk2019-055_rus.pdf

¹⁶³ <https://defuel-russias-war.org/rosatom-nuclear-boogeyman/>

Глава V.

Экономическая, экологическая и социальная составляющие деятельности Росатома

5.1. Бизнес-экономическая деятельность атомной отрасли

Оценить экономическую и финансовую деятельность атомной отрасли в целом сложно. Как правило корпорация и правительство РФ очень избирательно открывает и публикует информацию, касающуюся экономики и финансов ГК «Росатом», а также её организаций и предприятий.

Как указывалось выше, юридический статус государственной корпорации позволяет ей использовать государственный бюджет и активно вести бизнес, в том числе международный.

В 2020-2022 годах существенное влияние на экономические показатели ГК «Росатом» оказывали пандемические ограничения и война в Украине. Тем не менее, как свидетельствуют официальные отчеты основных дивизионов ГК «Росатом», выручка (нетто) от продаж основной продукции из года в год возрастала (см. табл. 13).

Табл. 13. Выручка Росатома от продажи продукции

Выручка (нетто) от продаж продукции, млн руб.	2020	2021
Горнорудный дивизион	20 400	23 200
Топливный дивизион	208 737	235 734
Электроэнергетический дивизион	592 702	735 129
Машиностроительный дивизион	83 000	106 000
Инжиниринговый дивизион	261 200	292 500

Бизнес-модель Госкорпорации «Росатом» складывается из цепочки капиталов (ресурсов), которыми атомное ведомство владеет (или частично владеет) и которые использует в своей деятельности. В эту цепочку входит шесть видов используемых капиталов: финансовый, производственный, человеческий, интеллектуальный, социально-репутационный и природный.

На начало 2022 года в систему управления бизнес-моделью ГК «Росатом» входило три бизнес-ядра, которые создают и образуют стоимость компании. В состав первого бизнес-ядра входят дивизион ЯОК, а также две дирекции – Севморпуть и Экологические решения. Второе бизнес-ядро является основным, его образуют Горнорудный, Топливный, Машиностроительный, Электроэнергетический и Инжиниринговый дивизионы. Третье бизнес-ядро формируется новыми бизнесом Госкорпорации и радиационными технологиями.

Основные результаты (бизнес-показатели) госкорпорации в 2021 году были следующими: выручка по МСФО (Международный стандарт финансовой отчетности – IFRS) – 1447,6 млрд руб. (из них доля нематериальных активов – 199 млрд руб.); производство электроэнергии на АЭС России – 222,4 млрд кВт/ч; производство ядерного топлива – 1,03 тыс. т тяжелого металла (тТМ); производство урана – 7,1 тыс. т; ввод в эксплуатацию ЭБ – 2; грузопоток по СМП – 34,9 млн т¹⁶⁴.

Присутствие Росатома на глобальных международных рынках является важной политической задачей. В 2021-2022 года Росатом присутствовал на 12 традиционных и новых российских и глобальных рынках – природного урана, услуг по конверсии и обогащению урана, ядерного топлива, энергомашиностроения, электроэнергии, строительства и сервиса атомных объектов, вывода из эксплуатации ЯРОО, обращения РАО и ОЯТ, ветроэнергетики, композитов, обращения с опасными отходами, ядерной медицины.

5.2. Экологическая и социальная политика Госкорпорации «Росатом»

До начала войны в Украине Росатом, стремясь соответствовать международным практикам, активизировал свою работу в области достижения целей устойчивого развития. В 2020 году, Госкорпорация «Росатом» присоединилась к Глобальному договору ООН – (UN Global Compact) и заявила о том, что в настоящее время фокусирует свою экологическую и социальную политику на достижении 17 целей устойчивого развития. В 2020 году в структуре Росатома был создан департамент по устойчивому развитию. Начиная с 2021 года ГК «Росатом» представляет публичный отчет о прогрессе в достижении основных ESG – показателей¹⁶⁵.

¹⁶⁴ https://www.report.rosatom.ru/go/rosatom/go_rosatom_2021/rosatom_2021_ru.pdf

¹⁶⁵ <https://rosatom.ru/upload/iblock/c3c/c3c498e523d60d11abca89ab19eed623.pdf>

Кроме этого, Росатом разработал единую отраслевую политику в области устойчивого развития (далее Политика), в которой закрепил требования для своих организаций и предприятий в области охраны окружающей среды, безопасности производства, в социальной сфере и в сфере корпоративного управления.

Росатом заявляет, что в экологическом аспекте стремится строить свою деятельность в соответствии с принципом ненанесения вреда («Do no significant harm»), который означает минимизацию загрязнения окружающей среды и негативного влияния на экосистемы, а также минимизацию рисков для здоровья человека.

Основным действующим в настоящее время нормативным документом в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности в атомной отрасли является Единая отраслевая экологическая политика Госкорпорации «Росатом» и ее организаций (далее – Экологическая политика). Основным видом безопасности, которому традиционно уделяло внимание атомное ведомство, была и остается радиационная безопасность (РБ). По официальным отчетам, в 2021 году на предприятиях Росатома зафиксировано 34 отклонения нулевого уровня по международной шкале INES¹⁶⁶.

Табл. 14. Динамика отклонений в работе АЭС по шкале INES в 2017–2021 годах

Динамика отклонений в работе АЭС по шкале INES	2017	2018	2019	2020	2021
Всего, в том числе:	33	42	38	24	34
Уровень <<0>> и вне шкалы	33	40	38	24	34
Уровень <<1>>	0	2	0	0	0

По данным Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору¹⁶⁷, в 2021 году на АЭС России не зафиксировано аварийных событий по их классификации и событий, имеющих радиационные последствия для населения, персонала и окружающей среды. При этом зафиксировано 34 нарушения в работе, подлежащих расследованию и учету по действующему законодательству. Это на четыре нарушения больше, чем в 2020 году. По всем нарушениям проведены расследования.

¹⁶⁶ <https://rosatom.ru/upload/iblock/c3c/c3c498e523d60d11abca89ab19eed623.pdf>, сmp. 23

¹⁶⁷ https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/Годовой%20отчет%20за%202021%20г..pdf

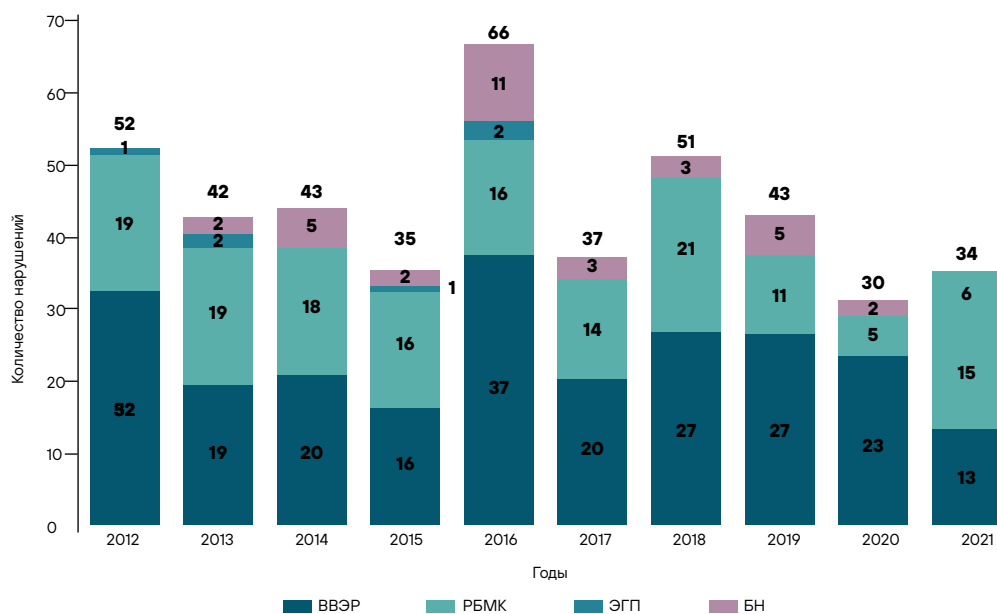


Рис. 6. Распределение нарушений в работе атомных станций в 2012-2021 годах.
Источник: годовой отчет Ростехнадзора, стр. 38¹⁶⁸

Наиболее значимые нарушения в работе АЭС в 2021 году (с точки зрения их влияния на безопасность и возможных последствий):

- 23 марта 2021 года и 4 мая 2021 года на энергоблоке № 4 Белоярской АЭС произошло срабатывание аварийной защиты по давлению в главном паровом коллекторе (ГПК) с запуском системы аварийного расхолаживания (САРХ) (оценка по шкале INES – «0»);
- 20 мая 2021 года на энергоблоке № 4 Калининской АЭС имело место срабатывание канала системы безопасности (БРУ-А) после срабатывания защиты блочного трансформатора Т-4-750, вызванного замыканием жил контрольного кабеля трансформатора. Значимость данного события объясняется тем, что замыкания в кабелях являются регулярно повторяющимися на протяжении многих лет. Подобные нарушения в работе имели место в последние годы на энергоблоках Калининской АЭС (четырежды), Балаковской АЭС, Нововоронежской АЭС (оценка по шкале INES – «0»).
- 10 июня 2021 года энергоблок № 2 Курской АЭС остановлен персоналом вследствие повышения температуры газа системы контроля целостности технологических каналов (КЦТК) в ячейках трех технологических каналов (ТК) и выявления текущего

¹⁶⁸ https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/%D0%93%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9%20%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82%20%D0%B7%D0%B0%202021%20%D0%B3..pdf

канала вследствие образования микродефектов основного металла (оценка по шкале INES – «0»).

Кроме отчетов по радиационной безопасности в последние годы в Росатоме стали представлять отчеты по выбросам вредных загрязняющих веществ в атмосферу и выбросам парниковых газов, а также по сбросам сточных вод и образованию отходов, в том числе радиоактивных.

По официальным отчетам, в 2021 году на предприятиях и организациях атомной отрасли образовалось 33,8 млн т отходов производства и потребления, что на 2,9 млн т (на 9,4%) больше, чем в 2020 году. В этих же отчетах подчеркивается, что опасных отходов 1,2 и 3 класса (нерадиоактивных) образовалось только 8 тыс. тонн, что вызывает некоторые сомнения. Кроме этого, на предприятиях и в организациях Росатома образуется ежегодно около 2,5 млн куб. м жидких РАО, 0,1 из которых переводится в твердое состояние и около 1,5 куб. м твердых РАО, из которых перерабатывается менее 30%.

Количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в 2020 и 2021 годах указано в табл. 15. Здесь следует иметь в виду, что при представлении этих официальных данных подчеркивается, что процент улавливания загрязняющих веществ равен 91,4%, т.е. на предприятиях Росатома образуется практически 385,4 тыс. т загрязняющих веществ, и надежда только на то, что эти выбросы действительно улавливаются.

Табл. 15. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, тыс. т

	2020	2021
Всего, в том числе:	38,0	37,0
Выбросы твердых веществ	14,2	13,5
выбросы NO _x	6,1	7,4
выбросы SO ₂	11,6	9,8
выбросы CO	3,3	3,8
выбросы углеводородов, в том числе:	2,2	2,1
выбросы метана	0,8	0,7
летучие органические соединения	1,2	1,3
прочие газообразные и жидкие	0,6	0,4

Климатические цели Росатома. Россия ратифицировала Парижское соглашение только в 2019 году и с тех пор является его стороной. Стороны Рамочной конвенции ООН об изменении климата договорились о разработке долгосрочных стратегий развития с низким уровнем выбросов. В 2021 году, не дожидаясь решений Евросоюза, российское правительство своим постановлением включило атомную энергетику

в национальную таксономию зеленых проектов. В феврале 2022 г. в Евросоюзе были опубликованы дополнительные критерии для квалификации атомной энергетики в качестве переходного источника генерации, которые закреплены в дополнительном делегированном акте (Complementary delegated act, CDA) к Таксономии устойчивого финансирования ЕС. Они вступили в силу в 2023 году.

Российские официальные лица с оптимизмом смотрят на то, что ядерная энергия должна сыграть свою роль в борьбе с изменением климата. Проблемы с климатом стали своеобразным помощником или в какой-то степени спасением атомной энергетики от полного отрицания долгосрочных перспектив этого вида энергии зелеными активистами и даже правительствами некоторых стран. Борьба с изменением климата вынудила противников атомной энергии «притормозить» и завуалировать дискуссию о главных экологических и экономических недостатках АЭС, таких как наработка радиоактивных отходов и отсутствие высокобезопасной и общественно приемлемой системы обращения с ними, а также о ядерных рисках и достаточно высокой стоимости АЭС. В то же время климатическая повестка и война в Украине, приведшая к энергетическому кризису, добавила аргументов к экспертным и политическим мнениям, что в ближайшее время процесс отказа от атомной энергетики в Европе, который стартовал в Германии, по всей видимости сильно затормозится.

На климатической конференции ООН в Глазго в 2021 году глава Росатома Алексей Лихачев уверенно заявлял, что «без ядерной энергии невозможно достичь климатических целей». В то же время он отметил, что «ядерная энергия – не единственный источник зеленой энергии. Климатические цели могут быть достигнуты только путем объединения ветра, солнца, ядерной и гидроэнергетики. Мы называем эти четыре источника энергии зеленым квадратом, где атомная и гидроэлектростанция обеспечивают базовую нагрузку, а ветер и солнце отвечают за пиковую нагрузку¹⁶⁹. Идея «зеленого квадрата» обсуждается и продвигается в Росатоме уже практически лет десять.

На сегодняшний день Росатом действительно преуспел в области ветроэнергетики. В 2021 году в Ростовской области и Ставропольском крае были сооружены и введены в эксплуатацию пять новых ВЭС суммарной мощностью 570 МВт: Кочубеевская ВЭС (210 МВт), Марченковская ВЭС (120 МВт), Кармалиновская ВЭС (60 МВт), Бондаревская ВЭС (120 МВт) и Медвеженская ВЭС (60 МВт). Всего в эксплуатации сейчас находятся шесть ветропарков общей мощностью 720 МВт. В 2022 году планируется ввод еще трех ВЭС: Кузьминской (160 МВт), Труновской (60 МВт) и Берестовской (60 МВт). Суммарный портфель объектов ветроэнергетики, которые должны быть сооружены Росатомом до 2027 года, составляет 1,7 ГВт. Сегодня ветропарки Росатома вырабатывают 30% (720 МВт) российской ветряной энергии, хотя по сравнению, например, с Германией, Китаем и другими странами – лидерами в этой области, количество этой энергии мизерное.

¹⁶⁹ <https://strana-rosatom.ru/2021/11/04/aleksej-lichachev-vystupil-na-klimatich/>

В настоящее время Росатом активно работает над водородными технологиями, но поскольку они требуют много энергоресурсов, это опять-таки возвращается к теме развития атомной энергетики. В апреле 2021 года было подписано Соглашение о намерениях сотрудничества по проекту «Создание и развитие водородного кластера» между Минвостокразвития России, Правительством Сахалинской области и Госкорпорацией «Росатом», которое предусматривает сотрудничество по ряду направлений, включая строительство водородно-производственного комплекса, организацию цепочки поставок водорода на внешние рынки и местным потребителям, а также создание водородного парка с предприятиями, реализующими проекты в этой области.

Параллельно на Кольской АЭС планируется создать экспериментальный участок электролизного производства водорода. В 2023 году планируется ввести в работу комплекс с электролизными установками мощностью 1 МВт, а затем постепенно довести мощности испытательного комплекса до 10 МВт¹⁷⁰.

В 2021 году компании «Россети Центр» и «Россети Центр и Приволжье» совместно с АО «Атомэнергосбыт» ввели в эксплуатацию 18 накопителей энергии на объектах распределительных электросетей. Это была первая в России система коммерческой диспетчеризации на литий-ионных батареях для промышленного потребителя.

В октябре 2022 года Росатом в лице дочерней компании «Рэнера» приступил к строительству в Калининградской области крупнейшего в России завода по производству литий-ионных аккумуляторов мощностью 4 ГВт*ч¹⁷¹. Выпуск первой продукции ожидается в 2025 году. При этом развитие идет в сотрудничестве с южнокорейским производителем литий-ионных аккумуляторов и ячеек – компанией Enertech International Inc., 49% акций которой в 2021 году купила «Рэнера»¹⁷².

В ноябре 2022 компания «Рэнера», которая входит в число подразделений «Росатома» и занимается внутри госкорпорации системами накопления энергии, запустила новое производство литий-ионных аккумуляторов в Москве. Ожидается, что в год будут выпускать порядка 2 тыс. тяговых аккумуляторов, что эквивалентно 150 МВт*ч.

Росатом движется к строительству малых модульных реакторов, это в будущем может стать альтернативой электростанциям, работающим на ископаемом топливе.

Война в Украине остановила многолетнюю практику Газпрома и нефтяных компаний России по колоссальному экспорту природного газа и нефти в Европу и другие страны. С одной стороны это может означать, что сократится добыча ископаемого топлива, с другой – расширится его использование на территории России. Для атомной энергетики это усиление конкуренции со стороны ископаемого топлива, которое

¹⁷⁰ <https://www.rosatom.ru/journalist/smi-about-industry/rosenergoatom-planiruet-v-2023-godu-nachat-proizvodstvo-vodoroda-na-kolskoy-aes/>

¹⁷¹ <https://renera.ru/news/rosatom-has-started/>

¹⁷² <https://renera.ru/news/OOORENERApriobrela49aktsiykoreyskogoproizvoditelyalitiyonnykhbataray/>

по причинам введенных ограничений и санкций уже невозможно легко продавать на внешних рынках. В перспективе все будет зависеть от стоимости энергоресурсов и других параметров (например, сроков строительства энергетических объектов), в которых атомная энергетика на сегодняшний день конкуренцию на территории России, по-видимому, проигрывает.

Социальную политику Росатома, по крайней мере до начала войны в Украине, можно характеризовать как достаточно активную. Присоединившись в 2020 году к глобальному договору ООН, Росатом всячески старался показать, что подтверждает свое стремление к реализации 10 принципов глобального договора, включая области прав человека, трудовых отношений, борьбы с коррупцией, гендерного равенства и др.

Еще в 2013 году Росатом принял документ под названием «Единая отраслевая социальная политика», в котором закрепил правила кадровой политики, оказание социальной поддержки своим работникам и членам их семей. В начале 2022 года на предприятиях и организациях Росатома, включая его зарубежные филиалы, работало около 290 тыс. человек, из них 68% мужчины и 32% женщины. Доля работников в возрасте до 35 лет равна 29,7%. Общая сумма расходов на персонал (включая зарплаты и различные денежные пособия) в конце 2021 года составляла 443,78 млрд рублей, среднемесячная заработная плата в Госкорпорации «Росатом» равнялась в 2021 году около 96,2 тыс. рублей в месяц¹⁷³. Предприятия Росатома, которые располагаются в 27 городах России, являются как правило градообразующими, а эти города носят статус атомных.

Десять из 27 атомных городов имеют статус закрытых административных территориальных образований (ЗАТО). В отличие от других населенных пунктов России атомные города выглядят более благополучными в плане уровня и качества жизни людей, но, с другой стороны, их жители все же осознают, что проживают рядом с потенциально опасными объектам, поэтому активно интересуются вопросами безопасности. В советское время атомные города в народе назывались коммунистическими, поскольку из снабжение продуктами и другими предметами быта было гораздо лучше, чем на остальной территории государства.

Практически во всех атомных городах созданы базы отдыха и санатории для работников Росатома и их семей. Население атомных городов, как правило, является политически лояльным к власти и руководству Росатома, поэтому не доставляет проблем местным администрациям при проведении различных политических мероприятий таких, например, как социологические опросы, выборы и др.

Завершая краткий обзор экономического, экологического и социального блока нынешней деятельности Росатома, следует отметить:

¹⁷³ https://report.rosatom.ru/go/rosatom/go_rosatom_2021/rosatom_2021_ru.pdf

Экономика Росатома в деталях традиционно остается закрытой. Общие цифры и экономические показатели, как правило, публикуются в годовых отчетах, но и они требуют уточнения и критического переосмысления. Увидеть в годовых отчетах экономические показатели, которые говорят, например, о реальной стоимости строительства АЭС, изготовления топлива или о доходах и расходах по российско-французским проектам, таким как переработка ОГФУ и др., практически невозможно.

Экологическая и социальная политика атомного ведомства в последнее десятилетие стала более открытой по сравнению с советскими и ранними постсоветскими временами. Возможно, эта оценка «Беллоны» в некоторой степени субъективна и строится на том, что в последние 10 лет у «Беллоны» была возможность наблюдать и даже влиять на отдельные экологические и социальные решения атомного ведомства и его предприятий, возглавляя комиссию по экологии общественного совета Росатома. Однако некоторые важные для гражданского общества экологические и социальные вопросы, связанные с деятельностью Росатома, уже не находились «за закрытой дверью» и могли быть опубликованы и обсуждаться экологами и правозащитниками в России.

После того, как в последнее время Росатому передали часть проектов по обращению с опасными (нерадиоактивными) отходами, ответственность за некоторые особо важные проекты из государственной программы «Экология», а также многие функции, касающиеся эксплуатации Северного морского пути, у атомного ведомства многократно прибавилось экологических и социальных вызовов. На сегодняшний день нельзя сказать, что Росатом легко справляется с этими новыми и со старыми экологическими вызовами.

Ядерное наследие советского атомного проекта потребует еще немало времени и огромных средств для своей ликвидации, но это отдельная тема, к которой «Беллоне» еще предстоит вернуться при написании следующих докладов. Объем финансирования решения проблем ядерного наследия по самым оптимистичным прогнозам будет превышать 2 трлн руб.¹⁷⁴.

Атомные города Росатома, в которых живет более двух миллионов человек, имеют традиционно больше льгот и преимуществ, чем другие сопоставимые по населению и расположению города России. Персонал атомных предприятий более высокооплачиваемый по сравнению с государственными, муниципальными и даже коммерческими организациями. Атомное ведомство – одна из немногих компаний России, которые начали внедрять на своих предприятиях программы по экологической и социальной ответственности в области устойчивого развития.

¹⁷⁴ <https://bellona.ru/2021/12/01/prognoz-na-dva-trilliona/>

Глава VI.

Влияние войны, введенных в отношении России санкций и ограничений

В 2022 году ЕС, США и другие страны ввели против России девять пакетов санкций, которые затронули многие компании, политическую и финансовую систему государства, а также персон, которые каким-то образом причастны к развязыванию и ведению войны. Росатом и его руководство (за исключением Сергея Кириенко и его семьи) эти санкции напрямую не практически затронули. В то же время введенные против России санкции и ограничения не могли косвенно не затронуть Росатом и людей, работающих в этой государственной компании.

Запрет на поставки большой линейки полупроводников, компьютеров и другого хайтек-оборудования стал одной из самых серьезных санкций, введенных против России после начала войны. По оценкам экспертов, эти ограничения ударят по разным отраслям и в целом осложнят технологическое развитие страны. В глобальной экономике, частью которой является Росатом, создавать национальную микроэлектронную промышленность не имеет смысла, такие производства становятся нерентабельными. Для запуска конвейера с современными технологическими нормами потребуется много времени. Для сравнения: зеленоградский завод «Микрон», называющий себя «чипмейкером № 1 в России», пока лишь освоил техпроцесс 65 нм – в мире этот этап был пройден в начале 2000-х, т.е. современные российские компьютерные и информационные продукты отстают от передовых технологий лет на двадцать, а в ближайшее время, по предположениям отраслевого портала Tom's Hardware, в Россию будут стекаться остатки партий устаревающих микросхем, которые зарубежные ритейлеры будут рады пристроить¹⁷⁵.

Несомненно, что развязанная Россией война и санкции урежут финансирование проектов Росатома, и в первую очередь пострадают проекты по ликвидации ядерного наследия давно закончившейся холодной войны. Росатом не живет и не работает

¹⁷⁵ <https://profile.ru/economy/mikroshemy-pod-sankciyami-chem-grozyat-rossii-ogranicheniya-v-sfere-importa-vysokih-tehnologij-1033436/#Kak-sanktsii-povliyayut-na-promishlennost-1646557038005>

в вакууме, поэтому нарушение санкциями установившихся связей непосредственно сказывается на атомном ведомстве. Страны ЕС, США, Канада и другие ввели санкции, затрагивающие финансовые операции компаний и предприятий, таких, например, как Ростех, РЖД, Севмаш и Объединённая судостроительная компания, тесно связанных с проектами Росатома, в частности со строительством атомных ледоколов и транспортировками оборудования и материалов, в том числе ядерных. Российские энергетические биржи стали исключать из европейских и международных бирж.

Российская банковская система попала под санкции, что негативно сказалось на деятельности Росатома за рубежом. Международная банковская система прикрыла двери перед российскими компаниями. В частности, Европейский банк реконструкции и развития закрыл свои представительства в Москве, в результате чего многие проекты Росатома на северо-западе России лишились финансирования. Росатом заявил, что может справиться и без этих денег, но уже сейчас видно, что работа в некоторых важных проектах откладывается на более поздние сроки и будет ли она доведена до конца, неизвестно.

Ограничения, связанные с зарубежными полетами самолетов российских авиакомпаний, отказ ряда портов и крупнейших мировых страховых компаний работать с российскими судами и судоходными компаниями осложнили работу Росатома на зарубежных проектах. Особенно таких крупных, как строительства АЭС. Вряд ли эти логистические сложности критически скажутся на выполнении этих проектов, но они могут вызвать задержки сроков поставок оборудования, материалов и специалистов, а также увеличить издержки в ходе реализации этих проектов и недовольство конечных заказчиков.

Остановили взаимодействие с Росатомом или его проектами международные организации, в том числе межправительственные. Росатом болезненно отреагировал на прекращение деятельности Российско-норвежской комиссии по ядерной и радиационной безопасности, а также остановку сотрудничества северных провинций Норвегии с российскими регионами. В настоящее время практически все что связано с Арктикой и Северным морским путем указом президента России передано в зону ответственности Росатома, и решение всех проблем в этой области является для атомного ведомства очень важной государственной задачей. Поэтому дипломатический бойкота арктическими странами, входящими в возглавляемый с мая 2021 по май 2023 года Россией Арктический совет, вызывал беспокойство не только у российско-го МИДа, но и у атомного ведомства. Следом за бойкотом Арктического совета последовал отказ участвовать в совместной деятельности Совета министров Северных стран.

22 марта 2022 года министр экономического развития Финляндии Мика Линтила заявил, что выдача лицензии АЭС «Ханхикиви-1», самым крупным акционером которой является российская госкомпания «Росатом», «совершенно невозможна». 2 мая

Министерство занятости и экономики Финляндии назвало оправданным и последовательным решение компании Fennovoima расторгнуть с Росатомом контракт на строительство АЭС «Ханхикиви-1». Однако у Росатома есть действующий контракт с финской компанией Fortum на срок до 2030 года, поэтому она все еще рассчитывает на импорт ядерного топлива из России для АЭС «Ловииса», хотя недавно объявила о запрете на импорт российского урана.

В мае 2022 года США ужесточили выдачу лицензий на экспорт в Россию специальных ядерных материалов и дейтерия.

В марте 2022 года англо-нидерландо-немецкая компания Urenco объявила о планах расторгнуть текущие контракты по поставкам в Россию ОГФУ с целью обогащения «в обоих направлениях» до дальнейшего уведомления. Текущий контракт от 2018 года предусматривал поставки до 6000 т ОГФУ из Германии в Россию на дообогащение с возвратом обогащенного уранового продукта в Германию, и он был завершён в 2020 году. Однако вторая часть контракта предполагала поставки еще 6000 т с заводов Urenco в Германии, Нидерландах и Великобритании, и они должны были закончиться до конца 2022 года. Видимо, именно эта часть контракта была приостановлена и выполнена не до конца.

Шведская компания Vattenfall после начала войны в Украине заявила о приостановке действующих поставок и новых закупок ядерного топлива в России. До этого компания закупала опытные партии российского топлива ТВС-квадрат для реакторов западного образца. Компания владеет и управляет двумя АЭС в Швеции, на которых работает пять энергоблоков (Ringhals 3,4 и Forsmark 1,2,3).

Ряд стран Евросоюза серьезно зависит от поставок российского ядерного топлива, которое невозможно быстро заменить на альтернативное. Однако Болгария и Чехия активизировали в этом году усилия по поиску альтернативных поставщиков и намерены с 2024 года отказаться от российского топлива для четырех своих энергоблоков ВВЭР-1000. Финляндия собирается найти замену российскому топливу для двух своих ВВЭР-440 после 2027-2030 годов.

Следом за правительствами и бизнес-компаниями ряд государств и организаций завершили или приостановили сотрудничество в научной области.

Польша завершила сотрудничество с российским Объединённым институтом ядерных исследований. Европейская организация по ядерным исследованиям (CERN) приостановила статус России как страны-наблюдателя. Также в CERN заявили, что не будут сотрудничать с Российской Федерацией и её учреждениями, организация приостанавливает научные контакты с Объединённым институтом ядерных исследований, а её руководство будет соблюдать все соответствующие международные санкции.

Ассоциация по вопросам применения требований европейских эксплуатирующих организаций к АЭС с легководными реакторами приостановила членство российской государственной компании АО «Росэнергоатом». Европейская сеть организаций технической поддержки (ETSON) прекратила сотрудничество с российским Центром по ядерной и радиационной безопасности. 11 апреля Агентство по ядерной энергии при Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) приостановило участие России.

Немаловажное значение для атомного ведомства имеют ограничения, наложенные на свободу перемещения российских граждан по европейским и другим странам, и личные санкции против отдельных руководителей. Несомненно, что люди, которые могли свободно отдыхать и решать свои личные вопросы, недовольны создавшейся ситуацией, когда они и их семьи не могут воспользоваться своей зарубежной недвижимостью, возможностью наслаждаться хорошими условиями отдыха на международных курортах, а их дети – учиться за рубежом. Это все сказывается на настроениях людей, от которых зачастую напрямую зависит уровень безопасности атомных объектов.

Однако необходимо отметить, что, несмотря на активное участие Росатома в агрессивных операциях против украинских ядерных объектов и причастности структур Росатома к наращиванию военной ядерной угрозы, с которой постоянно выступают политики России, полноценные и ощутимые санкции в отношении атомного ведомства странами международного сообщества (за исключением Украины) не введены. По всей вероятности, против введения таких санкций выступают в первую очередь дружественная России страна ЕС Венгрия, за ней следуют государства, в которых Росатом строит АЭС (Турция, Индия, Китай и др.), поскольку санкции ударят по возможности проводить оплату строительства и эксплуатации АЭС, а также государства, бизнес-компании которых имеют с Росатомом долгосрочные контракты, например Франция и Германия. Например, в начале апреля 2022 года компания Siemens заявила, что не планирует расторгать контракты с Росатомом. Правительство Германии также не выразило никаких опасений по поводу ядерной сделки между Siemens, Framatome и Росатомом, закрыв глаза на очевидные риски.

6.1. Ограничения и санкции Украины

Украина воюет с Россией, которая напала на неё, оккупировала её территории и отобрала энергетические объекты, включая самую большую в Европе атомную станцию – Запорожскую АЭС. Росатом является активным и непосредственным участником захвата территорий и ядерных объектов Украины. Президент Украины Владимир Зеленский недоволен тем, что до сих пор не введены международные санкции против Росатома, и призывает западных партнёров сделать это как можно быстрее. Между-

народная группа экспертов из Рабочей группы по санкциям в отношении России¹⁷⁶, сотрудничающая с правительством Украины, в ноябре 2022 года представила рабочий документ с рекомендациями по санкционному давлению на Росатом¹⁷⁷.

Атомная энергетика обеспечивала до войны более 50% потребностей Украины в электроэнергии. Украина серьезно зависит от России в ядерных технологиях и поставках для своих четырех АЭС с 15 энергоблоками ВВЭР. При этом до войны Украина являлась крупнейшим зарубежным заказчиком российского ядерного топлива. Однако программа по постепенному снижению зависимости Украины от России в атомной сфере началась до текущей войны и реализуется уже много лет.

С 2001 года ОЯТ Запорожской АЭС отправляется на сухое хранилище (СХОЯТ) на промплощадке станции, построенное по американской технологии¹⁷⁸. Для ОЯТ остальных трех АЭС Украины с 2017 по 2020 годы в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС было построено централизованное сухое хранилище (ЦХОЯТ) по технологии Holtec International. Отдельное сухое хранилище ОЯТ чернобыльских реакторов ХОЯТ-2 стоимостью более \$500 млн¹⁷⁹ было построено за счет Европейского банка реконструкции и развития (ЕБРР) и запущено в эксплуатацию в 2021 году¹⁸⁰. Ввод этих объектов позволил Украине создать собственную инфраструктуру по обращению с отработавшим топливом и еще до войны полностью отказаться от услуг России в этой области, которые обходились примерно в \$200 млн ежегодно.

В 2008 году был подписан первый контракт на поставки топлива Westinghouse для украинских реакторов ВВЭР-1000. К началу войны американское топливо использовалось уже на семи из 13 ВВЭР-1000, а на двух ВВЭР-440 предполагалось начать опытную эксплуатацию нового топлива с 2024 года. Во время войны, 3 июня 2022 года, Украина подписала соглашение с Westinghouse о переводе всех своих АЭС на американское топливо и полном отказе от российского ядерного топлива. При этом остается открытым вопрос, хватит ли запасов российского топлива для работы украинских АЭС на время завершения всех лицензионных и испытательных процедур по внедрению американского топлива на всех блоках, что может растянуться минимум на несколько лет.

В апреле 2022 года Украина также отказалась от закупок российского обогащенного урана для своего топлива и провела переговоры об альтернативных поставках услуг по обогащению с европейской компанией Urenco¹⁸¹.

¹⁷⁶ <https://fsi.stanford.edu/working-group-sanctions>

¹⁷⁷ <https://drive.google.com/file/d/13gO2tQuOaHYFCBTzCMXcaEmNulKE08fD/view>

¹⁷⁸ <https://www.uatom.org/ru/ekspluatatsyya-shoyat-na-zaporozhskoj-aes>

¹⁷⁹ <https://chnpp.gov.ua/ru/activity/snyatie-chaes-s-ekspluatatsii/ongoing-projects>

¹⁸⁰ <https://chnpp.gov.ua/ru/183-proekty/realizuemye-proekty/435-2-ru435>

¹⁸¹ <https://www.unian.net/economics/energetics/ukraina-otkazalas-ot-obogashchennogo-urana-iz-rossii-novosti-segodnya-11791977.html>

Вскоре после начала войны остановил работу крупнейший актив Росатома на территории Украины – металлургический завод «Энергомашспецсталь» в городе Краматорск. Весной 2022 года боевые действия проходили буквально в нескольких десятках километров от него. В апреле 2022 года завод прекратил работу из-за обстрелов российской армии и повреждения оборудования¹⁸². Но до этого, в том числе в марте, когда война была уже в полном разгаре, продолжал отправку продукции в Россию. Завод занимался изготовлением заготовок из спецсталей для корпусов реакторов и оборудования первого контура, в том числе для экспортных проектов Росатома, таких как АЭС «Куданкулам» (Индия), «Аккую» (Турция), «Сюйдапу» (Китай), «Тяньвань» (Китай), изготавливал заготовки для реакторов российских атомных ледоколов. В случае реализации проекта «Ханхикиви» в Финляндии тоже планировалось задействовать этот завод. В 2022 году завод «Энергомашспецсталь» должен был начать изготовление заготовок для АЭС «Эль-Дабаа», которую Росатом строит в Египте с осени 2022 года¹⁸³. В России имеется подобный завод, тесно сотрудничающий с Росатомом, – это ижорский завод «ОМЗ-Спецсталь». Но потеря крупного актива в Украине по любой из причин, в результате разрушения или национализации Украиной, может вызвать сбой в поставках и задержки в изготовлении оборудования для крупных иностранных проектов Росатома.

В марте 2022 года совет управляющих Всемирной ассоциации организаций, эксплуатирующих атомные электростанции (ВАО АЭС), принял решение о переводе Энергоатома и всех четырех украинских АЭС из Московского в Парижский центр ВАО АЭС¹⁸⁴. Подготовка к такому переходу готовилась еще до войны, еще в 2019 году Энергоатом подписал меморандум о сотрудничестве с Парижским центром ВАО АЭС и проведении совместных проверок с Московским центром до полного перехода в 2022 году¹⁸⁵. В итоге Энергоатом стал первой компанией – оператором АЭС, управляющим реакторами советского дизайна и ушедшим из Московского центра ВАО АЭС¹⁸⁶.

27 июня 2022 года Украина расторгла соглашение о сотрудничестве между Министерством охраны окружающей природной среды и ядерной безопасности Украины и Федеральным надзором России за ядерной и радиационной безопасностью и соглашением между Госкомитетом ядерного регулирования Украины и Федеральным надзором России по ядерной и радиационной безопасности об обмене информацией и сотрудничестве в сфере регулирования безопасности при использовании ядерной энергии в мирных целях.

27 августа 2022 года Украина разорвала соглашение с Россией о научно-техническом и экономическом сотрудничестве в области атомной энергетики.

¹⁸² <https://ru.espresso.tv/porazheny-rosatomom-kakie-ukrainskie-kompanii-svyazany-s-rossijskim-yadernym-kontsernom>

¹⁸³ <https://emss.ua/ru/na-e-mss-podveli-itogi-raboty-predpriyatiya-za-2021-god/>

¹⁸⁴ <https://www.epravda.com.ua/rus/news/2022/03/31/685026/>

¹⁸⁵ <https://world-nuclear-news.org/Articles/Energoatom-to-join-WANOs-Paris-Centre-from-2022>

¹⁸⁶ <https://www.wano.info/members/who-are-our-members>

24 мая Украина ввела персональные санкции против гендиректора «Росатома» Алексея Лихачёва на 3 года.

Завершая краткий обзор влияния войны и её последствий для атомного ведомства России, следует еще раз отметить, что в отличие от других российских ведущих компаний, Госкорпорация «Росатом» и её руководство в течение военного года не подверглись прямым международным санкциям и ограничениям после нападения России на Украину. У руководства Украины и многих других политиков это вызывает недоумение, поскольку Росатом является прямым и непосредственным участником захвата ядерных объектов Украины, т.е. Чернобыльской и Запорожской АЭС. Однако, как показано выше, санкции, введенные против РФ, все-таки начали косвенно оказывать влияние на атомное ведомство. Прогнозируемо, что непосредственные санкции все-таки будут введены, но, может быть, поэтапно, поскольку выход из сотрудничества и взаимозависимости в атомных проектах невозможно осуществить очень быстро, как, например, из нефтегазовых проектов.



Рис. 7. Запорожская АЭС

Заключение

Госкорпорация «Росатом» является одной из важнейших российских глобальных государственных структур, которая осуществляет оборонные, энергетические, экономические, социальные и политические государственные функции.

Сегодняшний Росатом – это мощная конкурентноспособная бизнес-структура присутствующая на международных рынках и владеющая иностранными активами. Близость руководителя атомного ведомства к президенту и правительству РФ, а также ответственность за ядерно-оружейный комплекс, дают дополнительные возможности и защищают отрасль от экономических и политических конкурентов и недоброжелателей.

Госкорпорация остается практически единственным ведомством в России, обладающим технологиями и ресурсами, сравнимыми или превосходящими возможности зарубежных конкурентов. Поэтому атомная индустрия не очень сильно зависит от проблемы «импортозамещения» в отличие от других больших российских компаний.

Предприятия ЯТЦ выполняют поставки топлива и обогащенного урана и предоставляют конверсионные услуги как для собственных, так и для зарубежных потребителей. Структурная, ресурсная и технологическая база предприятий и организаций Росатома, которые осуществляют ядерный топливный цикл, является одним из главных ресурсов атомного ведомства. По заявлению генерального директора Росатома Алексея Лихачева, ожидается, что в 2023 году поставки продукции и услуг Росатома за рубеж превысят \$10 млрд¹⁸⁷. Росатом занимает существенную долю в мировых поставках ЯТЦ – 15% в поставках урана, 30% услуг по конверсии, 40% – по обогащению урана, 17% в поставках ядерного топлива. Например, в 2021 году Россия поставила 14% урана, необходимого для загрузки активных зон коммерческих ядерных реакторов США.

Однако после начала полномасштабной войны в Украине западные экономики, в частности США, Чехия, Болгария, Финляндия и др., заявили о целенаправленной работе над прекращением импорта российского урана и топлива. Кроме этого, Росатом уже окончательно и полностью потерял один из своих крупнейших зарубежных рынков

¹⁸⁷ <https://www.nucnet.org/news/despite-geopolitical-situation-rosatom-expects-exports-to-increase-15-12-3-2022>

в области ЯТЦ – Украину. Все это наводит на мысль, что на мировых рынках в ядерном топливном цикле доля Росатома постепенно будет снижаться, а выходить на мировой рынок с новыми услугами и продуктами ему будет все труднее.

Доля атомной энергии в энергобалансе России в 2022 году составляла 19,9% (223,37179 млрд кВт*ч из суммарных 1121,580 млрд кВт*ч). Стратегия Росатома в вопросе выработки электроэнергии состоит в том, чтобы сохранять свою долю в энергобалансе России около 20%, а при благоприятной ситуации увеличить её до 25%. Однако на ближайшие несколько лет благоприятных для Госкорпорации тенденций не прогнозируется по причине общего спада экономики, вызванного войной, а также тем, что парк реакторов больших АЭС достаточно старый. С продленным ресурсом эксплуатируется 62% энергоблоков, а 10 энергоблоков находятся в процессе вывода из эксплуатации. По оценкам «Беллоны», к 2035-2040 годам в России будет остановлено 13 блоков общей мощностью около 9,3 ГВт, а в период с 2040 по 2045 будет выведено из эксплуатации еще около 4,5 ГВт. Всего с 2022 по 2045 по причине истощения ресурса будет выведено почти 14 ГВт. Это означает, что, если не строить новые блоки взамен выбывающим, то к 2035 году суммарная мощность атомного парка России сократится на треть, а к 2045 году – почти вдвое от нынешнего уровня в 29,5 ГВт. В настоящее время, на территории РФ в процессе активного строительства находится только два энергоблока – Курск 2-1 и 2-2, строительство которых отстает от графика, предусмотренного генеральной схемой размещения объектов электроэнергетики до 2035 года. Такое же отставание наблюдается и по готовящимся к строительству блокам Смоленской АЭС-2 и Ленинградской АЭС-2.

Перспективы строительства и использования плавучих АЭС в России все еще выглядят достаточно неопределенно. Опыт строительства первой ПАТЭС нельзя назвать успешным, поскольку из-за больших технических и организационных проблем сроки строительства растянулись почти на 17 лет, и в результате плавучая АЭС была введена в эксплуатацию с достаточно устаревшим оборудованием, включая реакторы и системы, их обслуживающие, не новых поколений. В январе 2021 года генеральный директор Росатома Алексей Лихачев заявил, что план по строительству флотилии ПАТЭС будет принят в 2021 году, однако до сих пор такого плана нет.

В настоящее время активно обсуждаются перспективы малых АЭС наземного базирования с реактором РИТМ-200, первую из которых планируют построить на Дальнем Востоке России, в Якутии. По данным МАГАТЭ, в России разрабатываются 17 проектов малых энергетических реакторов, однако, учитывая геополитическую ситуацию, сложно сказать о перспективах их массового строительства.

На данный момент Россия продолжает доминировать в сооружении атомных объектов за рубежом, имея около 40% от общего числа международных соглашений на строительство АЭС. В начале 2022 года портфель зарубежных заказов ГК «Росатом» на десятилетний период равнялся \$139,9 млрд, в том числе \$84 млрд на сооружение

АЭС в различных странах. Однако «Беллона» полагает, что в результате последствий полномасштабной войны с Украиной международная деятельность ГК «Росатом» по строительству объектов, вероятно, может сократиться. В тех странах, где у Росатома большие и долгосрочные действующие контракты по строительству АЭС, которые сложно разорвать или изменить, ситуация вряд ли может измениться быстро, но это все будет зависеть от геополитической ситуации.

Партнерские связи Росатома в результате военно-политического кризиса могут снижаться и, возможно, даже теряться, однако это кардинально и быстро не повлияет на то доминирующее место, которое Росатом сегодня занимает в международном бизнесе, поскольку, во-первых, существует достаточно много долгосрочных договоров, разрыв которых будет убыточным для всех сторон. А во-вторых, нынешним партнерам Росатома необходимо будет пересобрать цепочку поставок и нарастить собственное производство в ядерно-топливном цикле, в котором наблюдается существенная зависимость западных стран от Росатома, а также предложить привлекательные альтернативы для потенциальных заказчиков продукции Росатома в третьих странах. На это потребуются время и стратегические инвестиции.

Экономика Росатома пока что выглядит устойчивой. Но это может измениться в результате событий, связанных с последствиями войны в Украине. Экономические санкции против России все больше начинают сказываться и на атомном ведомстве. Росатом лишается поддержки международных финансовых институтов в своих проектах по ликвидации ядерного наследия, что отрицательно скажется на экологической безопасности. Бюджет государства уже не выглядит для Росатома безотказным, а это, например, может отрицательно повлиять на исполнения своих обязательств по договорам на строительстве АЭС за рубежом. Предприятия и атомные города Росатома, в которых живет и работает более двух миллионов человек, постоянно требуют вливания финансовых и других ресурсов.

Начиная с 2017 года Росатому была передана ответственность за выполнение проектов по обращению с опасными (нерадиоактивными) отходами, ответственность за некоторые особо важные проекты из государственной программы «Экология», а также многие вопросы, которые касаются Северного морского пути. Это финансово-затратные проекты, которые должны были финансироваться в первую очередь из государственного бюджета. Сегодня сложно сказать будет ли гос. бюджет покрывать расходы на эти проекты, ответственность за выполнение которых в итоге несет Росатом.

Потребуется огромные средства для ликвидации ядерного наследия советского атомного проекта. Объем финансирования проблем ядерного наследия, по самым оптимистичным прогнозам, будет превышать 2 трлн рублей¹⁸⁸.

¹⁸⁸ <https://bellona.ru/2021/12/01/prognoz-na-dva-trilliona/>

Росатом был участником захвата и удержании Россией украинских атомных объектов – ныне нефункционирующей Чернобыльской АЭС, а также крупнейшей действующей АЭС в Европе – Запорожской.

Атака на Чернобыльскую АЭС оставила весь объект без электричества, поставив под угрозу саркофаг поврежденного реактора, а также систему охлаждения отработавших топливных стержней, тем самым создавая угрозу возникновения ядерной и радиационной аварии. Риски серьезной радиационной аварии на Запорожской АЭС в результате захвата, боевых действий вокруг нее и рядом с ней, давления на персонал и попыток перевести ее в российскую собственность, сохраняются до сих пор.

Вооруженный захват ЗАЭС – это беспрецедентный случай в мировой практике и, очевидно, все участники и виновные в этом акте ядерного терроризма должны будут понести ответственность. Очевидно, война в Украине подорвет экономический потенциал и самой России, и атомного ведомства. Росатом, являвшийся до этой войны крупным и уважаемым членом мирового ядерного сообщества и его институтов, рискует не только потерять былое экономическое и политическое влияние, но и авторитет из-за участия в беспрецедентном случае отъема атомной станции у другого оператора и страны.

Система мировой ядерной безопасности атомных объектов и существующие международные институты, в создании и функционировании которых Росатом принимал и до сих пор принимает активное участие, должны извлечь опыт из текущей ситуации и быть реформированы для предотвращения подобных угроз в будущем.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АСММ	–	Атомные станции малой мощности
АО	–	акционерное общество
АРМЗ	–	акционерное общество «Атомредметзолото»
АЭХК	–	Ангарский электрохимический комбинат
ГМК	–	горно-металлургический комплекс
ЕРР	–	Единица работы разделения (Separative work unit)
ЗАТО	–	закрытое административно-территориальное образование
НЗХК	–	Новосибирский завод химконцентратов
ОГФУ	–	обедненный гексафторид урана
ОДИЦ	–	опытно-демонстрационный испытательный центр
ОЯТ	–	отработавшее ядерное топливо
ПАО «ППГХО»	–	производственное акционерное общество «Приаргунское производственное горно-химическое объединение»
ПАТЭС	–	плавучая атомная теплоэлектростанция
ПО	–	производственное объединение
РФЯЦ	–	Российский федеральный ядерный центр
РБН	–	реактор на быстрых нейтронах
РИТЭГ	–	радиоизотопный термоэлектрический генератор
СМП	–	Северный морской путь
СХК	–	Сибирский химический комбинат
ТВС	–	тепловыделяющая сборка
УЭХК	–	Уральский электрохимический комбинат
ФГУП	–	федеральное государственное унитарное предприятие
ТЕНЕХ	–	АО «Техснабэкспорт»
IAEA	–	International Atomic Energy Agency
NEA	–	Nuclear Energy Agency
ЭХЗ	–	электрохимический завод
ЦЯНТ	–	центр ядерной науки и технологий
ЯОК	–	ядерный оружейный комплекс
ЯТЦ	–	ядерный топливный цикл

BELLONA