

**Ядерная энергия, человек и окружающая среда****МИРОВАЯ ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В 2019 г.**

Согласно системе PRIS от 15.01.2020 г. (с учетом всех обновлений, внесенных в нее в начале января 2020 г., т.к. данные в PRIS поступают с некоторой задержкой), мировой ядерный парк в конце декабря 2019 г. имел в своем составе 447 действующих энергоблоков установленной мощностью 395 604 МВт(э) нетто и 52 строящихся мощностью 54 695 МВт(э) нетто.

В течение года были подсоединены к электросети 6 новых ядерных энергоблоков: Shin-Kori-4 (22 апреля в Южной Корее); Нововоронеж-2-2 (1 мая в России); Taishan-2 и Yangjiang-6 (23 и 29 июня соответственно, в Китае); ПАТЭС «Академик Ломоносов» (19 декабря в России; в составе ПЭБ «Академик Ломоносов» два реактора мощностью 32 МВт(э) нетто каждый, в системе PRIS ПАТЭС имеет статус двухблочной АЭС с блоками Akademik Lomonosov-1 и Akademik Lomonosov-2).

Началось строительство трех новых ядерных энергоблоков: 15 апреля – Курск-2-2 (с реактором ВВЭР-ТОИ), Россия; 22 сентября – Bushehr-2 (с реактором ВВЭР-1000) Иран; 16 октября – Zhanzhou-1 (с реактором HPR – «Hualong One») Китай.

Окончательно остановлены девять блоков: в России (Билибино-1, 4 января); в Японии (Genkai-2, 9 апреля); в США (Pilgrim, 31 мая и Three Mile Island-1, 20 сентября); на Тайване (Chinshan-2, 16 июля); в Швейцарии (Muehleberg, 20 декабря); в Швеции (Ringhals-2, 31 декабря); в Германии (Philippshurg-2, 31 декабря); в Южной Корее (Wolsong-1, блок не работал с июня 2018 г., был объявлен окончательно закрытым 24 декабря).

Общее количество реакторо-лет эксплуатации ядерных энергоблоков в мире составило 18 332.

**ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА РОССИИ В 2019 г.**

Атомные станции России выработали в 2019 г. рекордное количество (208,784 млрд кВт·ч) электроэнергии, превысив достижение 2018 г. (204,275 млрд кВт·ч).

Наибольший вклад в очередной рекорд концерна Росэнергоатом обеспечили: Ростовская АЭС (свыше 33,8 млрд кВт·ч), Калининская (свыше 31 млрд кВт·ч) и Балаковская (около 30 млрд кВт·ч) атомные станции.

Выработка электроэнергии в России в 2019 г. по данным системного оператора ЕЭС – 1096,4 млрд кВт·ч (на 0,4% больше, чем в 2018 г.). Доля АЭС в общем национальном электропроизводстве составила 19% (в 2018 г. – 18,6%), при этом доля атомной генерации в европейской части страны достигала 40%.

- 1 мая на Нововоронежской АЭС-2 состоялся энергетический пуск энергоблока № 2 с реактором ВВЭР-1200 (блок № 7 Нововоронежской АЭС). 31 октября началась его промышленная эксплуатация. Ввод энергоблока повысил суммарную мощность станции ~ в 1,5 раза.

Блок № 2 НВАЭС-2 стал третьим в серии блоков нового поколения «3+», построенных в России. Аналогичный блок (№ 1 НВАЭС-2 или № 6 НВАЭС) был подключен к сети 5 августа 2016 г. ГК Росатом имеет теперь возможность использовать опыт, накопленный в ходе строительства двухблочной АЭС в Нововоронеже, в качестве образца для реализации проектов за рубежом.

- Блок № 1 Ленинградской АЭС-2 с реактором ВВЭР-1200 (поколение «3+») подключен к системе теплоснабжения г. Сосновый Бор. 24 ноября получили «свежее» тепло все основные предприятия и организации производственной сферы, расположенные в промзоне. В перспективе весь город будет отапливаться от нового блока, тепловая мощность которого 3200 МВт или 250 Гкал/час.

- 19 декабря первая в мире плавучая атомная теплоэлектростанция (ПАТЭС) проекта 20870 «Академик Ломоносов» впервые выдала электроэнергию в изолированную сеть Чаунско-Билибинского узла Чукотского автономного округа. В 2020 г., как ожидается, начнется ее промышленная эксплуатация. В состав ПАТЭС входят: плавучий энергоблок (ПЭБ), гидротехнические сооружения, обеспечивающие безопасность станции в акватории и объекты инфраструктуры на площади 1,5 га. Два реактора ледокольного типа КЛТ-40С, установленные на плавучей платформе, способны вырабатывать в номинальном режиме 70 МВт(э) и

# НОВОСТИ

50 Гкал/ч тепловой энергии. ПАТЭС не только поможет социально-экономическому развитию Чукотки в целом, но и станет одним из ключевых элементов инфраструктуры в рамках программы развития Северного морского пути. Зарубежные компании проявляют огромный интерес к плавучим АЭС, которые помогут обеспечить надежное энергоснабжение островных и береговых государств в разных регионах мира.

Пуск в России первой в мире ПАТЭС «Академик Ломоносов» назван одним из главных событий в глобальной ядерной энергетике в 2019 г. по версии старейшего американского журнала по энергетике Power, входящего в число наиболее влиятельных и авторитетных международных профессиональных изданий в этой области.

- 15 апреля началось строительство блока № 2 Курской АЭС-2 с реактором ВВЭР-ТОИ. Ключевые события 2019 г. – бетонирование фундаментной плиты, монтаж упорной фермы и внутренней защитной оболочки.

- Срок эксплуатации энергоблока № 2 Кольской АЭС продлен еще на 15 лет – до 2034 г. В 2018 г. был проведен комплекс работ по продлению срока эксплуатации блока № 1 этой станции (до 2033 г.).

Кольская АЭС стала единственной в России, где успешно реализована программа повторного продления сроков эксплуатации двух энергоблоков типа ВВЭР-440.

- Ростехнадзор в декабре выдал лицензии на дополнительный сверхпроектный срок эксплуатации: Билибинской АЭС (блок № 2) на 6 лет – до 31 декабря 2025 г.; Нововоронежской АЭС (блок № 4) на 13 лет – до конца 2032 г. (с учетом выданной в конце 2017 г. двухгодичной лицензии на дополнительный продленный срок, энергоблок прослужит 60 лет вместо проектных 30); Смоленской АЭС (блок № 3) – на 15 лет.

- В рамках программы по созданию российского ядерного топлива нового поколения безопасности (так называемого «толерантного») на Новосибирском заводе химконцентратов изготовлены и прошли приемочные испытания первые три тепловыделяющие сборки конструкции ТВС-2М для реактора ВВЭР-1000. Каждая из опытных ТВС содержит по 12 ТВЭлов, материал оболочки которых изготовлен либо из циркониевого сплава с нанесенным хромовым покрытием, либо из хромо-никелевого сплава 42ХНМ (применение хрома делает их более жаропрочными). Сборки планируется загрузить в первом квартале 2020 г. в один из реакторов Ростовской АЭС.

- Объем грузооборота в акватории Северного морского пути возрос с 16,7 млн тонн до 30 млн тонн, превысив плановые показатели.

- В мае со стапеля Балтийского завода в Санкт-Петербурге на воду спущен второй серийный ледокол нового поколения «Урал» (проект 22220).

- 12 декабря началась программа ходовых испытаний головного АЛ «Арктика» (пр. 22220). В связи с необходимостью доработки турбинной части атомохода первый этап испытаний прошел на дизельном ходу без запуска ядерной энергетической установки. Сдача «Арктики» в эксплуатацию запланирована на конец первого полугодия 2020 г.

- В августе заключен контракт на строительство еще двух ледоколов проекта 22220, сдача их в эксплуатацию намечена на декабрь 2024 и 2026 г.

- В декабре ГК Росатом внесла в правительство проект постановления о финансировании строительства головного АЛ «Лидер», что позволит перейти к подписанию контракта на строительство атомохода в I квартале 2020 г. (15 января 2020 г. подписано постановление правительства о выделении 127 млрд руб.). Головной ледокол «Лидер» планируют ввести в эксплуатацию в 2027 г.

## ПОРТФЕЛЬ ЗАРУБЕЖНЫХ ЗАКАЗОВ РОСАТОМА

Россия занимает лидирующие позиции в области строительства новых АЭС и является единственной страной, способной предложить заказчикам обеспечение всего жизненного цикла атомных станций – от проектирования АЭС, строительства, эксплуатации, снабжения ядерным топливом, подготовки квалифицированного персонала до вывода блоков из эксплуатации. На различной стадии реализации в 2019 г. проекты по возведению 36 энергоблоков в 12 странах, суммарно на ближайшие десять лет зарубежный портфель Росатома составляет около 135 млрд долларов.

В 2019 г.:

- Россия и КНР подписали генеральный контракт на строительство блоков № 7 и № 8 АЭС Тяньвань. Ожидается, что первый бетон блока № 7 будет залит в декабре 2020 г. раньше срока.

# НОВОСТИ

- Состоялась церемония подписания генерального контракта на сооружение энергоблоков № 3 и № 4 российского дизайна с реакторами ВВЭР-1200 на АЭС Сюйдапу в китайской провинции Ляонин.
- Началось строительство блока № 2 на АЭС Bushehr (Иран) с реактором ВВЭР-1000.
- Получена лицензия для начала строительных работ на блоке № 2 АЭС Akkuyu (Турция). Официальная церемония заливки первого бетона намечена на март 2020 г.
- На Белорусской АЭС началась горячая обкатка оборудования реакторной установки – самый масштабный этап пусконаладки. Физпуск запланирован на I квартал 2020 г.
- Венгрия утвердила технический проект АЭС Пакш-2 (два блока с реакторами ВВЭР-1200). На площадке будущей АЭС началось возведение объектов строительного-монтажной базы (административных зданий, складов, цехов).
- Росатом и агентство «Узатом» (Узбекистан) подписали контракт на выполнение инженерных изысканий для подготовки проектной документации на площадке строительства будущей АЭС. Завершить переговоры с Узбекистаном о строительстве АЭС Росатом рассчитывает в I квартале 2020 г., начать строительство – в 2022 г.
- Подписаны соглашения по поставкам ядерного топлива на все ядерные блоки Словакии на 2022–2026 г. с возможностью продления до 2030 г.; заключены контракты на поставки топлива для Тяньваньской АЭС и АЭС «Сюйдапу»; подписаны контрактные документы на поставки российского топлива на АЭС «Kozloduy» в Болгарии до 2025 г. включительно.

## ИТОГИ 2019 Г. В СТРАНАХ МИРА

### Бельгия

В составе бельгийского ядерного парка 7 энергоблоков суммарной мощностью 5,9 ГВт – 3 на АЭС Tihange и 4 – на АЭС Doel. Вырабатываемая ими электроэнергия поступает не только в Бельгию, но и в Люксембург и Нидерланды.

Внеплановые отключения ряда энергоблоков, начавшиеся в 2018 г., продолжились и в 2019 г. К началу 2019 г. на АЭС Tihange работал только блок № 1 (на блоках № 2 и № 3 устранялись последствия «старения конструкционных материалов», приведшие к деградации бетона). На АЭС Doel находились в эксплуатации только блоки № 3 и № 4 (блоки № 1 и № 2 были остановлены после обнаружения небольшой утечки в контуре аварийного водяного охлаждения). Эксплуатация бельгийских АЭС была возобновлена в нормальном режиме только к лету 2019 г. Суммарная выработка электроэнергии на АЭС в 2019 г., согласно данным сетевого оператора Elia, составила 41,4 ТВт·ч или 48,8% от общего количества произведенного электричества (в 2018 г. – 27,3 ТВт·ч или 31,2%). Коэффициент установленной мощности (КИУМ) увеличился с прошлогодних 52% до 78%.

Согласно утвержденному в мае 2018 г. законопроекту о планах свертывания ядерной энергетики в период 2022–2025 гг., к концу 2025 г. все семь ядерных энергоблоков будут остановлены. Первым должен быть закрыт блок Doel-3 в 2022 г. Как утверждает Elia, Бельгии понадобится около 3,9 ГВт новых генерирующих мощностей, чтобы справиться с дефицитом, который, как ожидается, возникнет в 2025 г. в результате осуществления планов поэтапного отказа от ядерной энергетики.

### Бразилия

Два энергоблока единственной АЭС в стране – Angra в 2019 г. произвели 16,13 ТВт·ч электроэнергии (в 2018 г. – 15,67 ТВт·ч). Блок № 1 выработал 5,55 ТВт·ч (в 2018 г. – 4,97 ТВт·ч), его КИУМ достиг наибольшего значения (98,21%) в стране (в 2018 г. – 88%). Блок № 2 выработал 10,58 ТВт·ч электроэнергии (в 2018 г. – 10,7 ТВт·ч), КИУМ был равен 89,38% (в 2018 г. – 90,3%). Мощность АЭС Angra составляет 1,22% от суммы всех электрогенерирующих мощностей страны.

Среди важных событий прошедшего года глава Бразильской ассоциации по развитию атомной отрасли (ABDAN) Серсо Кунья отметил обсуждение планов по строительству новых ядерных энергоблоков и увеличению объемов добычи урана. Президент ABDAN заявил, что правительство обсуждает вариант ввода в эксплуатацию до 2050 г. шести ядерных энергоблоков: «Потенциал (с учетом имеющихся запасов урана) – строительство, по меньшей мере, девяти новых энергоблоков». Кроме того, он отметил намерение правительства либерализовать добычу урана, привлекая к ней частные компании. Главная цель бразильской атомной отрасли на 2020 г. – возобновление строительства энергоблока Angra-3.

### Испания

По сообщению испанского атомно-промышленного форума Foronuclear, выработка электроэнергии, произведенной в 2019 г., составила 55,84 ТВт·ч, на 4,9% больше, чем в 2018 г. Доля

ядерного электричества в общем национальном электропроизводстве также увеличилась – с 20,39% в 2018 г. до 21,43% в 2019 г., составив 36,12% низкоуглеродной электроэнергии, при производстве которой практически не образуется парниковых газов.

В составе испанского ядерного парка 7 действующих энергоблоков на пяти АЭС: Almaraz-1, -2; Asko-1, -2; Cofrentes, Trillo-1, Vandellos-2, общей установленной мощностью 7,117 ГВт, их доля 6,55% суммарной электрогенерирующей мощности страны. Уже шестой год подряд ядерная энергетика лидирует в электрогенерации. Второе место заняли установки комбинированного цикла (21,22% от общего электропроизводства; ветроустановки – на третьем месте (20,72%), далее идут гидростанции – 10%, угольные ТЭС – 4,88% и солнечная энергетика – 3,53%.

## **Китай**

По данным государственного статистического управления КНР, опубликованным 17 января 2020 г., электростанции Китая выработали 7140 ТВт·ч электроэнергии (в 2018 г. – 6800 ТВт·ч). Производство электроэнергии на АЭС выросло на 14%, на солнечных электростанциях – на 15,2%, а гидроэлектростанции снизили производство на 4,4%. Выработка ветрогенераторов увеличилась на 0,7%. Согласно системе PRIS, в 2018 г. китайские АЭС выработали 286 ТВт·ч электроэнергии, в 2019 г., с учетом повышения на 14% – 326 ТВт·ч. Доля АЭС в национальном электропроизводстве составила 4,5% (в 2018 г. – 4,22%).

## **Франция**

Ядерный парк Франции в 2019 г. состоял из 58 ядерных энергоблоков, один блок (Flamanville-3 с реактором EPR) находился в стадии строительства. Общая выработка французских АЭС составила 379,5 ТВт·ч (в 2018 г. – 393,2 ТВт·ч). Она оказалась меньше планируемой (~395 ТВт·ч) из-за затянувшихся остановов ряда блоков, повторив ситуацию 2017 г., когда выработка электроэнергии на АЭС упала с целевых 390–400 ТВт·ч до 379 ТВт·ч из-за длительных отключений энергоблоков по соображениям безопасности и задержек в ходе профилактических работ.

В 2019 г. произошла очередная отсрочка единственного строящегося в стране энергоблока – блока № 3 АЭС Flamanville. В июне Управление ядерной безопасности обязало EDF исправить не менее восьми ключевых соединений, которые не соответствовали требованиям безопасности, что стало причиной переноса запуска реактора на конец 2022 г.

## **ФРАНЦИЯ СОКРАЩАЕТ ЧИСЛО ДЕЙСТВУЮЩИХ ЭНЕРГОБЛОКОВ**

В соответствии с утвержденным во Франции в 2015 г. законом «об энергетическом переходе» доля ядерной энергии к 2025 г. должна быть сокращена с 75% до 50%.

В ноябре 2018 г. президентом Э. Макроном была обнародована долгосрочная энергетическая программа (PPE), в которой достижение этой цели переносится на 2035 г. До этого срока должны быть выведены из эксплуатации 14 (из 58) ядерных энергоблоков.

В январе 2020 г. правительство подтвердило свое решение, выложив соответствующий документ в интернет для общественного обсуждения до февраля 2020 г. «Принципом, лежащим в основе вывода из эксплуатации реакторов, исключая АЭС Fessenheim (два блока этой станции будут отключены уже в 2020 г.), будет являться достижение ими срока проведения пятой проверки (2029–2035 гг.), каждая из которых проводится раз в 10 лет».

Компания EDF предложила правительству изучить возможность вывести из эксплуатации по два энергоблока на следующих станциях: Blayais, Bugey, Chinon, Cruas, Dampierre, Gravelines и Tricastin. Речь идет об АЭС, в составе которых четыре и более энергоблоков, запущенных в разные сроки. Остановка двух наиболее старых блоков, не приведет к закрытию всей станции, что соответствует планам исполнительной власти.

Согласно программе PPE, принятой в 2018 г. и направленной на постепенное снижение доли ядерного электричества, на развитие возобновляемых источников энергии государство намерено выделить до 7–8 млрд евро (вместо ранее утвержденных 5 млрд евро), и к 2030 г. доля ВИЭ должна возрасти до 40% общего национального электропроизводства. Субсидироваться будет преимущественно наземная ветроэнергетика и солнечная. Предусмотрена и разработка ветротурбин, устанавливаемых на морском дне.

20 января 2020 г. министр комплексных экологических преобразований Элизабет Борн подчеркнула, что правительство собирается дополнительно выделить 1,8 млрд евро для развития биогазовой отрасли и увеличения мощностей морской ветроэнергетики на 40%. Показатели морской ветроэнергетики были пересмотрены в сторону увеличения мощности с 4,7–5,2 ГВт до 5,2–6,2 ГВт к 2028 г. Планы в отношении наземных ветроустановок были изменены в сторону понижения с 34,1–35,6 ГВт до 33,2–34,7 ГВт.

*Материал подготовила И.В. Гагаринская*