

## СОДЕРЖАНИЕ

[Назад к содержанию](#)

---

### НОВОСТИ РОСАТОМА

[В сердце атомной жизни Европы](#)

[Атомная энергетика становится  
возобновляемой](#)

### ЮБИЛЕИ РОСАТОМА

[Тройной юбилей «Дукован»](#)

### ТРЕНДЫ

[Эра водорода](#)

### УЗБЕКИСТАН

[Атом выходит на первый план](#)



## В сердце атомной жизни Европы

В июне произошли три события, свидетельствующие об укреплении международных позиций Росатома в Центральной Европе. ТВЭЛ (топливный дивизион Росатома) заявил о проведении испытаний новой модификации ядерного топлива для чешской АЭС «Дукованы». Росатом подписал с Framatome SAS и GE Steam Power меморандум о сотрудничестве на выборах стратегического инвестора для строительства АЭС «Белене» в Болгарии. Росатом также передал пакет документов на получение лицензии на строительство АЭС «Пакш-2» венгерскому регулятору.

### Для Чехии

ТВЭЛ ведет ресурсные испытания макета рабочей кассеты третьего поколения РК-3+ для АЭС с реактором ВВЭР-440. Исследование заказала чешская энергокомпания ČEZ, владеющая АЭС «Дукованы» и «Темелин». Испытания проводятся на площадке АО ОКБ «Гидропресс» (входит в «Атомэнергомаш», машиностроительный дивизион Росатома).

Новая модификация кассеты отличается от предыдущих увеличенным расстоянием между топливными элементами в кассете и отсутствием чехла. Вместо них использована каркасная конструкция с уголками. Кроме того, оптимизировано профилирование обогащения по сечению кассеты.

Ресурсные испытания — часть большой программы по исследованию свойств

# НОВОСТИ РОСАТОМА

[Назад к содержанию](#)


новых кассет. Цель ресурсных испытаний — исследование механической стойкости элементов кассеты в условиях, максимально приближенных к реальным. Ранее проводились гидродинамические испытания, целью которых было определить гидравлическое сопротивление кассеты. Следующий этап — вибрационные испытания. Параллельно готовятся отчеты, обосновывающие безопасность эксплуатации АЭС «Дукованы» с кассетами РК-3+. Комплекс испытаний ТВЭЛ планирует завершить на рубеже 2020–2021 годов, весь процесс по лицензированию внедрения топливной кассеты РК 3+ на АЭС «Дукованы» планируется завершить в конце 2021 года.

Цель изменений в кассете — возможность удлинить топливные циклы на «Дукованах». Удлинение, в свою очередь, означает сокращение затрат на топливо на длинном промежутке времени и, как следствие, улучшение экономики работы АЭС. Еще один плюс новых кассет — возможность нарастить тепловую мощность «Дукован». Чешская станция работает на российском топливе с самого начала своей работы.

## Для Болгарии

Росатом подписал меморандум о сотрудничестве с Framatome SAS и GE Steam Power в рамках процедуры выбора стратегического инвестора для болгарской АЭС «Белене».

Конкурс по выбору стратегического инвестора для АЭС «Белене» был объявлен в мае 2019 года. В августе того же года Росатом подал заявку на участие в нем. В короткий список участников конкурса вошли также китайская CNNC и корейская KHNP.

Если Росатом станет стратегическим инвестором «Белене», General Electric будет рассматриваться как партнер по производству оборудования для машинного зала и турбогенераторной установки на базе технологии Arabelle. Framatome SAS — как ключевой партнер по созданию оборудования для автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП).

**«Подписанные меморандумы свидетельствуют о неизменно высоком уровне доверия между нашими компаниями. Уверены, что международная кооперация ведущих лидеров атомной отрасли поможет создать оптимальные финансовые и технические условия для реализации проекта АЭС «Белене», —** отметил Первый заместитель генерального директора — директор Блока по развитию и международному бизнесу Росатома Кирилл Комаров.

«Белене» — не первый пример сотрудничества трех корпораций. Framatome SAS — участник консорциума по поставкам АСУ ТП для АЭС «Пакш-2» в Венгрии



## НОВОСТИ РОСАТОМА

[Назад к содержанию](#)

и АЭС «Ханкикиви-1» в Финляндии. А СП General Electric с «Атомэнергомашем» (машиностроительный дивизион Росатома) — комплектный поставщик оборудования для турбинного острова на АЭС «Аккую» в Турции и АЭС «Эль-Дабаа» в Египте.

### Для Венгрии

ЗАО «Пакш-2», венгерский заказчик одноименной атомной станции, 30 июня подало в Венгерское агентство по атомной энергии (Hungarian Atomic Energy Authority, НАЕА) заявку на получение строительной лицензии.

Заявка содержит анализ безопасности блока, поддерживающие документы, описывающие технологии реакторов ВВЭР-1200, и полученные ранее лицензии, в том числе экологическую. Венгерский регулятор будет рассматривать документы в течение 12 месяцев, еще три месяца будет идти независимая оценка с участием экспертов МАГАТЭ. В течение этого времени НАЕА будет изучать заявку, запрашивать дополнительную информацию и документы. Параллельно «Атомстройэкспорт» разрабатывает рабочую



документацию и сооружает строительную-монтажную базу. Предполагается, что в 2021 году начнутся подготовительные работы: будут копать котлован и укреплять грунт под основными сооружениями. Укрепление необходимо, поскольку площадка для Пакш-2 находится недалеко от реки Дунай.

В Венгрии четыре блока станции «Пакш» (все — ВВЭР-440) вырабатывают до 50% всей электроэнергии в стране. Но в 2030-х годах они должны быть выведены из эксплуатации. Два блока АЭС «Пакш-2» заместят выбывающие мощности и увеличат объем безуглеродной атомной генерации в стране до 60%. В настоящее время часть необходимой стране электроэнергии импортируется из соседних стран, так что ввод новых блоков позволит укрепить и энергонезависимость Венгрии.

Проект является показательным примером реализации атомных проектов по средствам международного сотрудничества. Оборудование турбинного острова поставляется компания GE, а автоматизированную систему управления



## НОВОСТИ РОСАТОМА

[Назад к содержанию](#)

технологическими процессами (АСУ ТП) консорциум компаний Framatome и Siemens.

У атомщиков из Чехии, Болгарии и Венгрии накоплен богатый опыт сотрудничества с российскими коллегами. Совместная работа — часть атомной отрасли СССР/России (подробнее см. «**Календарь совместной работы**»). Напомним, в этом году Росатом отмечает 75-летие атомной промышленности.

### Календарь совместной работы

- **1957** — в поселке Ржеж рядом с Прагой (Чехия) при поддержке советской атомной отрасли был запущен первый в Чехословакии исследовательский реактор VVR-S (сегодня LVR-15) и получена первая цепная ядерная реакция в Чехословакии.
- **1958** — при участии СССР в Чехословакии началось сооружение первого реактора советско-чехословацкого дизайна KS-150 для АЭС А-1 «Богунце» (перешла Словакии).
- **1959** — в Венгрии с привлечением специалистов из СССР введен в эксплуатацию Будапештский исследовательский реактор советского типа VVR мощностью 2 МВт в нынешнем районе Чиллеберц (Csillebérc) Будапешта.
- **1961** — в Болгарии был произведен пуск и первый выход на критическую мощность исследовательского реактора советского дизайна ИРТ — «София» мощностью 2 МВт, построенный при поддержке СССР.
- **1970** — в Болгарии при поддержке СССР началось сооружение АЭС «Козлодуй» с реакторами российского дизайна — ВВЭР-440.
- **1974** — в Чехословакии при поддержке СССР началось строительство четырехблочной АЭС «Дукованы» с реакторами советского дизайна ВВЭР-440.
- **1974** — в Венгрии при поддержке СССР началось строительство АЭС «Пакш» 800 МВт с реакторами типа ВВЭР-440.
- **1981** — при участии СССР в Чехословакии началось строительство двухблочной АЭС «Темелин» с реакторами советского дизайна ВВЭР-1000.
- **2014** — Госкорпорация «Росатом» подписала контракт на строительство двух новых блоков с реакторами российского дизайна ВВЭР-1200 на АЭС «Пакш-2» (Венгрия).

# Атомная энергетика становится возобновляемой

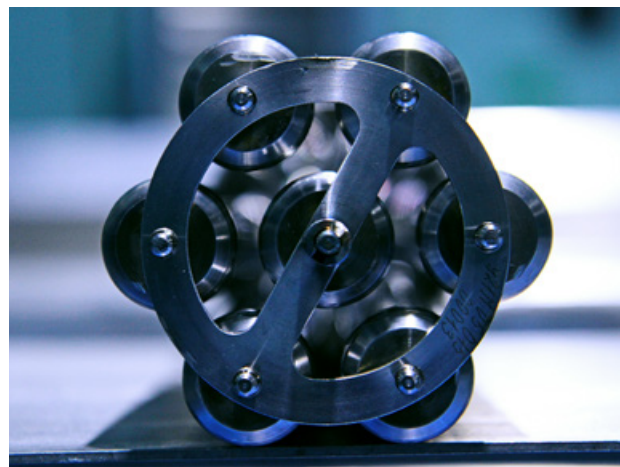
«В 2022 году в России появится первый энергоблок АЭС, полностью работающий на возобновляемом ядерном топливе», — сообщает пресс-служба Белоярской АЭС (входит в Росатом). У тождества «атомная энергетика — возобновляемая энергетика» есть вполне обоснованные технологические предпосылки.

В 2022 году энергоблок № 4 Белоярской АЭС с реактором на быстрых нейтронах БН-800 впервые в истории российской атомной энергетике полностью перейдёт на уран-плутониевое МОКС-топливо. Это будет важным шагом на пути к замыканию ядерно-топливного цикла.

## О МОКС-топливе и бридерах

В традиционных, тепловых АЭС используется топливо, где в реакцию деления (ядерную реакцию) вступают только ядра изотопа урана U-235.

Для производства таблеток МОКС-топлива используют оксид плутония, наработанный в энергетических реакторах, и оксид урана. Его производят из ОГФУ — обедненного гексафторида урана, который считается «хвостами» (отходами) обогащенного производства. Это означает, что как отходы после облучения, так и отходы после обогащения используются в каче-



стве сырья для нового топлива. МОКС-топливо загружается в быстрые реакторы. В России это БН-800.

Использование быстрых реакторов и создание двухкомпонентной системы позволяет решить несколько задач. **«Во-первых, многократно увеличить сырьевую базу атомной энергетике. Во-вторых — использовать повторно (после переработки) отработавшее ядерное топливо вместо его хранения. В-третьих — вовлечь в топливный цикл и утилизировать накопленные на складах запасы ОГФУ и плутония»**, — отметил вице-президент по развитию технологий и созданию производств замкнутого ядерного топливного цикла АО «ТВЭЛ» (входит в Росатом) Виталий Хадеев. Еще одна задача — дожигание осколков деления и минорных актинидов — высокорadioактивных изотопов трансурановых элементов. Дожигание как раз необходимо для того, чтобы снизить их радиоактивность.

Многократная переработка одного и того же материала, по существующим расчетам, продлевает его использование в топливном цикле в 100 раз. Цифра не случайна: изотопа U-235 в природном уране — меньше 1%. В хвосты попадает U-238, и его



## НОВОСТИ РОСАТОМА

[Назад к содержанию](#)


в 100 раз больше. Самый грубый подсчет показывает, что если взять уран, добытый за 10 лет (это небольшой срок для любой отрасли тяжелой промышленности), и переработать его в замкнутом цикле, то этого объема хватит на 1000 лет — срок, сопоставимый с существованием цивилизаций.

По сути, многократное вовлечение одного материала в энергетический цикл делает его возобновляемым источником энергии — ВИЭ. Заместитель гендиректора и глава департамента ядерной энергии в МАГАТЭ Михаил Чудаков подтвердил, что двухкомпонентную систему с бридерами можно считать ВИЭ: **«Во-первых, реакторы сами нарабатывают материалы, которые потом могут использоваться в дальнейшей цепной реакции. И второе — быстрые реакторы нужны для того, чтобы выгорали искусственно созданные «миноры» — минорные актииды».**

### Оттенки технологии

Росатом сейчас развивает две технологии замыкания ядерного цикла. Технология использования МОКС-топлива в бридерах поэтапно уже реализуется. МОКС-топли-

во для БН-800 производит Горно-химический комбинат. Первая партия из 18 сборок была загружена в реактор в январе 2020 года. В течение нынешнего года загрузят еще 180 сборок. Полный переход на МОКС-топливо запланирован на первую половину 2021 года. Предполагается, что вся активная зона будет загружена МОКС-топливом в первой половине 2022 года.

Вторая технология — «Прорыв». Сначала будет построен демонстрационный комплекс — ОДЭК, где она будет отработана. ОДЭК включает в себя завод по фабрикации-рефабрикации топлива, модуль переработки отработавшего топлива и реактор на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем БРЕСТ-ОД-300 (Быстрый Реактор ЕСТественной безопасности опытный демонстрационный мощностью 300 МВт). В отличие от реакторов серии БН с натриевым теплоносителем, в БРЕСТЕ в качестве теплоносителя используется свинец.

Конструкция БРЕСТа такова: активная зона находится в железобетонном, заполненном жидким свинцом бассейне. В нем же — парогенераторы и циркуляционные насосы, которые должны прокачивать жидкий металл по первому контуру. Ядерное топливо нагревает жидкий свинец, который течет к парогенератору и передает тепло воде второго контура.

Использование свинца и конструкция реактора позволили отказаться от больших объемов гермооболочки, ловушки расплава, большого объема обеспечивающих систем. Интегральная конструкция (активная зона и парогенератор в одном корпусе) позволяет локализовать течи теплоносителя и исключить потерю тепло-

## НОВОСТИ РОСАТОМА

[Назад к содержанию](#)

носителя. БРЕСТ будет работать на СНУП-топливе. В отличие от традиционного, оксидного, в нем используются нитриды.

В 2022 году должно завершиться строительство модуля фабрикация-рефабрикация топлива, для него уже монтируют оборудование. БРЕСТ-ОД-300 должен быть введен в эксплуатацию в 2026-м году, а модуль переработки отработавшего топлива — в конце десятилетия.

Практические действия Росатома по замыканию ядерного цикла позволяют напомнить реплику бывшего главы Физико-энергетического института (входит в Росатом) Анатолия Зродникова. Он произнес ее в интервью еще 13 лет назад: **«Что может дать замыкание топливного цикла? (...) Можно получить очень интересный в философском плане результат: первичный сырьевой ресурс окажется практически неисчерпаемым — его хватит на длительный, исторически значимый срок, скажем, более 1000 лет. При этом вторичного топлива можно зарабо-**



**тать ровно столько, сколько потребуются. Иными словами, мощности энергетики будут определяться не ограниченным сырьевым ресурсом, а технологическим и интеллектуальным ресурсами, которые являются воспроизводимыми. А это, в свою очередь, будет означать свершившийся переход ядерной энергетики в разряд возобновляемых (renewable) источников энергии».** <sup>NL</sup>

[В начало раздела](#)





## Тройной юбилей «Дукован»

**Чешская АЭС «Дукованы» отмечает в нынешнем году 55-летие. Первый блок был подключен к энергосети 24 февраля 1985 года. Но если посмотреть на историю поглубже, то окажется, что у проекта тройной юбилей.**

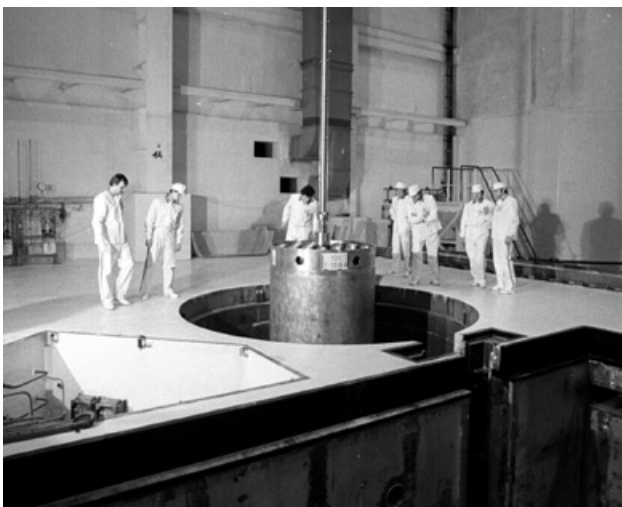
В апреле 1955 года было подписано межправительственное соглашение между Чехословацкой Социалистической Республикой (ЧССР) и СССР об использовании ядерной энергии в мирных целях. Уже в июне того же года вышло постановление правительства ЧССР о создании Института ядерной физики в Ржеже, а в Чешском техническом университете открылся

факультет ядерной и физической инженерии. В сентябре 1957 года в Ржеже заработал первый исследовательский реактор. Межправительственному соглашению уже 65 лет, это первый юбилей.

В 1970 году министр внешней торговли ЧССР Андрей Барчак и председатель госкомитета Совета министров по внешним экономическим связям Семен Скачков подписали соглашение о строительстве в Чехословакии двух АЭС — «Богунце» и «Дукованы». Этому событию 50 лет, это второй юбилей.

Для АЭС «Богунце» ядерный остров поставлял еще СССР. А для «Дукован» все основное оборудование первого контура произвели предприятия Чехословакии. Это реакторы, парогенераторы, магистральные циркуляционные трубы, турбины, генераторы — в общей сложности, более

## ЮБИЛЕИ РОСАТОМА

[Назад к содержанию](#)


80% оборудования. СССР поставил системы контроля и управления и топливо для АЭС. Генеральным поставщиком, в чью ответственность входила поставка, сборка и монтаж оборудования была назначена компания Škoda Plzeň — крупнейшая чешская машиностроительная компания.

Стефан Константинов, который в феврале 1985 года руководил выводом реактора на минимальную управляемую мощность, в выступлении для портала atominfo.cz вспоминал, что главной задачей было составить такой график ввода в эксплуатацию, чтобы вводить в эксплуатацию каждый год по одному блоку. Но когда все операции стали сводить в единый документ, оказалось, что запустить все четыре блока можно еще быстрее. **«Это небывалый случай, когда графики вместо того, чтобы удлиняться, начали сокращаться»**, — удивляется Стефан Константинов.

В 1974 году на площадке «Дукован» начались подготовительные работы. В том же году Škoda приступила к производству компонентов для первого контура АЭС и начала строительство заводского реакторного цеха в городе Пльзень. Предприятие изготовило и поставило все четыре

корпуса реактора ВВЭР-440, а также оборудование для эксплуатации реакторов, транспортировки и хранения отработавшего топлива.

В 1977 году началась стройка первого блока. На пике в строительстве и сборке оборудования были заняты почти двенадцать тысяч человек. В 1981 была создана группа предприятий Elektrárna Dukovany (EDU), директором стал глава электростанции «Годонин» Богумил Винценц. Первый бетон залили в 1979 году.

«Дукованы» стали примером взаимопомощи специалистов двух стран. **«Я отвечал за первое испытание крупного насоса подпитки. Подойдя к нему в момент испытаний, я увидел, что он сильно нагрелся: даже краска на нем стала пузыриться. Я понял, что что-то, скорее всего, охлаждение, не работает, и насос надо срочно выключить. Я по рации пытался докричаться до сотрудников на блочном щите управления, но люди то ли не слышали, то ли были заняты, мне никто не отвечал. И вдруг подбежал какой-то российский специалист с отверткой и выключил электродвигатель. Этот момент — когда ты не знаешь, и коллега тебе показывает, как действовать, я запомнил на всю жизнь. С того момента я носил на работу отвертку каждый день»**, — припоминает старший вице-президент «Русатом Оверсиз» Леош Томичек. На «Дукованах» он занимался испытаниями технологического оборудования в группе пусконаладки со стороны Škoda Plzeň, в которой тогда работал.

Первый блок «Дукован» был запущен 12 февраля 1985 года. По данным PRIS, он был подключен к энергосети 24 февраля 1985 года.

## ЮБИЛЕИ РОСАТОМА

[Назад к содержанию](#)

Менее чем за три с половиной года были запущены все четыре блока. Второй — в январе 1986 года, третий — в ноябре 1986 года, четвертый — в июне 1987 года.

Работа АЭС шла без инцидентов. По информации чешской энергокомпании ČEZ, в структуру которой входят «Дукованы», в течение всего срока эксплуатации на станции шла модернизация и замена оборудования. После модернизации 2005–2012 годов мощность каждого блока «Дукован» выросла до 510 МВт. В 2017 году была завершена масштабная модернизация систем управления и контроля, улучшены системы резервирования и безопасности. В частности, построены новые сейсмостойкие вентиляторные градирни, увеличено количество дизель-генераторов, в том числе двух так называемых дизельных генераторов SBO мощностью 3,2 МВт, которые могут использоваться в случае полной потери мощности. В 2016 году блок № 1 получил от национального регулятора SÚJB лицензию на эксплуатацию на неопределенный срок. На следующий год такие же лицензии получили и три других блока станции. **«Ожидаемый срок эксплуатации электростанции — до 2037 года с возможностью продления до 2047 года»**, — говорится на сайте ČEZ.



С 1985 года до середины 2020 года все четыре энергоблока АЭС произвели более 452 ТВтч электроэнергии. Этого достаточно для обеспечения электропотребления всей Чешской Республики в течение семи лет, подсчитал ČEZ. Ежегодное производство электроэнергии на «Дукованах» составляет более 14 млрд кВтч в год или более 20% от общего потребления электроэнергии Чехии.

ČEZ 25 марта 2020 года подал в Государственное управление по ядерной безопасности Чехии заявку на строительство двух новых блоков с реакторами электрической мощностью 1200 МВт. Блоки нужны стране для замещения выбывающих угольных мощностей. Так, угольная электростанция Prunéřov, расположенная в Северной Богемии и принадлежащая ČEZ, была символически отключена 5 июня 2020 года в международный день окружающей среды. Однако в релизе ČEZ не исключила, что регулятор примет решение построить только один блок.

Росатом предлагает свои технологии и широкий спектр сотрудничества для чешских машиностроительных компаний. Если стороны договорятся, они, вероятно, смогут на новом витке повторить историю 1980-х годов, когда чешские компании производили оборудование не только для своих АЭС, но и для других блоков, возводимых в Восточной и Центральной Европе. 

[В начало раздела](#)





## Эра водорода

Водород сейчас на пике энергетической моды, подобно тому, как двадцать лет назад были возобновляемые источники энергии. Специальные «водородные» программы разработала как объединенная Европа, так и отдельные европейские страны. Германия уже определила объемы финансирования. Росатом также намерен включиться в водородный бизнес: создает собственные технологии для производства водорода и изучает экономическую эффективность электролиза для промышленного использования.

Нынешний год уже стал вехой в истории водородной промышленности. Технологии производства и использования водорода

уже не просто опыт отдельных компаний и прогнозы аналитиков. Они превратились в реальные национальные и надгосударственные стратегии с солидными бюджетами. Инициатором стал ЕС и отдельные страны Европы.

### Причины интереса к водороду на примере Германии

Германия относится к числу европейских стран, наиболее активно постулирующих достижение углеродной нейтральности. Правительство Германии 10 июня 2020 года приняло «Национальную водородную стратегию». Почему водород?

По-видимому, одна из ключевых причин в том, что масштабное наращивание возобновляемых мощностей в Германии практически закончилось, тенденция ста-

## ТРЕНДЫ

[Назад к содержанию](#)

ла очевидна даже для сторонних наблюдателей еще в прошлом году. **«В Германии падение объемов строительства ВИЭ произошло в 2018 году, но с чем это связано — пока непонятно»**, — прокомментировал гендиректор АО «Новавинд» (входит в Росатом, занимается строительством ВЭС) Александр Корчагин на форуме «Российская энергетическая неделя-2019». В первом полугодии 2019 года были построены только 290 МВт новых ветроэнергетических мощностей — снижение на 80% по сравнению с 2018 годом. А в 2018 году объемы новых мощностей упали почти вдвое по сравнению с 2017 годом.

### Почему инвестиции в ВИЭ было решено фактически по-тихому свернуть?

**Первая и главная причина** — провал ставки на ветер и солнце как источники генерации в одиночку способные радикально снизить объем выбросов парниковых газов. Лишь в 2018 году выбросы стали снижаться, до этого они росли. Парадокс в том, что снижение выбросов в Германии происходило параллельно со снижением объемов строительства ветроэнергетических станций, на которую приходится наибольший объем мощностей среди ВИЭ.

**Вторая** — существующий объем установленной мощности ВИЭ уже на 25% выше стагнирующего спроса на электроэнергию. По данным портала [energy-charts.de](http://energy-charts.de) на 3 июля 2020 года, общая установленная мощность ВИЭ в Германии составляет 125,76 ГВт при базовом уровне потребления около 40 ГВт и пиковом — 80–100 ГВт.

**Третья** — нестабильный характер генерации и, как следствие, снижение объема

гарантированных поставок. **«На фоне этих изменений объем гарантированной мощности в Германии снизится в 87,2 ГВт в 2017 г. до 54,8 ГВт в 2030 г., что, конечно же, понизит надежность поставок электроэнергии в стране с ее пиковыми нагрузками на уровне 80–100 ГВт и существующими возможностями»**, — отмечает в одной из своих статей профессор кафедры энергораспределения и высоковольтной техники Бранденбургского технологического университета Гаральд Шварц (Harald Schwarz).

**Четвертая** — резкие скачки цен на электроэнергию и разбалансированность диспетчеризации: **«К сожалению, часто возобновляемая генерация растет тогда, когда энергия нужна меньше всего. И несколько раз в неделю выработанные возобновляемыми источниками излишки начинают поступать из региональных сетей в и без того перегруженные сети напряжением 400 кВ»**, — продолжает Гаральд Шварц.

**Пятая** — неразвитость сетей для потоков больших и нестабильных объемов электроэнергии. German National Energy Agency опубликовало исследование, в соответствии с которым надо построить около 10–20 тыс. км ЛЭП 110 кВ по всей Германии. Однако, как отмечает профессор Шварц, из-за бюрократических проволочек в течение последних десяти лет были построены лишь несколько сот километров новых линий.

**Шестая** — отсутствие свободного места для размещения новых солнечных ферм и ветропарков. Они уже начали раздражать местных жителей своей близостью и вызывать у них опасения по поводу влияния на здоровье.

## ТРЕНДЫ

[Назад к содержанию](#)

**Седьмая** — рост объемов ВИЭ вызвал рост тарифов на электроэнергию. Властям приходится обещать гражданам страны отсутствие нового повышения цены.

### Деньги на водород в Германии

#### В период с 2016 по 2026 гг.:

- 1,4 млрд евро — совокупный объем финансирования

#### В период с 2020 по 2023 гг.:

- 310 млн евро — финансирование со стороны Фонда энергетики и климата на проведение практических исследований
- 200 млн евро — дополнительно на практические исследования технологий получения водорода
- 600 млн евро — на обеспечение «регулятивной песочницы для энергетического перехода», которая сократит время от разработки технологий и инновационных решений, в том числе водородных, до их вывода на рынок.
- 1 млрд евро — на развитие технологий и переоснащение крупных производственных объектов, использующих водород для декарбонизации своих производственных процессов

#### 3 июня 2020 г. Коалиционный комитет утвердил финансирование в объеме:

- 7 млрд евро — на ускорение вывода на рынок Германии водородных технологий
- 2 млрд евро — на развитие международного сотрудничества в этой области
- Точные объемы финансирования по каждой из программ будут определены соответствующими министерствами.

Наконец, **восьмая**, которая еще не до конца осознана, — как утилизировать высокопрочные ветровые установки, первые партии которых начали выходить из эксплуатации.

**Резюме:** в Германии признали, что наращивание возобновляемой генерации не решило поставленные задачи и не снизило выбросы парниковых газов, но создало проблемы со стабильностью энергообеспечения, ростом цен, изменило ландшафты и создала новый источник высокотехнологического мусора.

Немецкий опыт, конечно, по-своему уникальный, но, одновременно, является предупреждением для всех, кто считает, что ВИЭ могут являться основой энергообеспечения высокоразвитой экономики. Очевидно, что политические соображения не позволят Германии отказаться от ВИЭ, но проблемы со стабильностью энергообеспечения надо как-то решать. Выходом было признано создание водородной энергетики. Другого выхода, в условиях одновременного отказа от угля и атомной энергетики, отсутствия больших накопителей и новых сетей, пока нет.

### Кто, кроме Германии

Внимание к водородной энергетике проявили и другие страны. **«Практические все страны-члены ЕС дополнили свои Национальные энергетические и климатические планы планами по развитию чистой водородной энергетики; 26 стран присоединились с так называемой «Водородной инициативе», а 14 стран включили водород в свою национальную политику развития инфраструктуры альтернативных источников энергии.**



## ТРЕНДЫ

[Назад к содержанию](#)

**А некоторые из них уже утвердили национальные стратегии или находятся в процессе их принятия»,** — отмечают авторы европейской стратегии. Вот несколько примеров.

В Испании в последней версии закона, стимулирующего переход к альтернативным источникам энергии, водород назван ключевым. На базе Каталонского института энергетики при участии 40 испанских компаний был создан проект «Taula de l’Hidrogen», цель которого — продвижение водородных технологий.

В России водород — один из трех компонентов «Концепции развития рынка систем хранения электроэнергии в Российской Федерации».

Франция в 2018 году разработала «План по развитию водорода в рамках энергетического перехода». Этот план будет включен в Долгосрочную энергетическую программу, рассчитанную на период 2019–2028 годов.

Министерство энергетики США готово частично профинансировать проект по размещению электролизеров на АЭС американской энергокомпании Exelon.

Производство водорода лоббирует и частный сектор. Крупнейшие энергоэнергетические компании и ассоциации Европы (Akuo Energy, BayWa re, EDP, Enel, Iberdrola, MHI Vestas, SolarPower Europe, Ørsted, Vestas и WindEurope) обратились с открытым письмом в Еврокомиссию, в котором отметили: **«Инвестиции в чистый водород имеют большой потенциал с точки зрения создания новых рабочих мест и обеспечения экономического роста».**

Наконец, водородную стратегию разработал и Евросоюз. Обращает на себя внимание, что «чистым» назван водород, произведенный с помощью электроэнергии исключительно из возобновляемых источников: **«Чистый водород — это водород, полученный с помощью возобновляемых источников энергии».** Опыт Exelon и, как мы увидим, Росатома, доказывает, что безуглеродное производство возможно и на атомных электростанциях. Атомные позиции на водородном рынке на международном уровне защитил гендиректор Foratom Ив Дебазиль (Yves Desbazeille): **«С учетом тех серьезных вызовов, с которыми Европа столкнется в следующие 30 лет, очень важно сделать так, чтобы законодатели не ограничивали свои усилия только возобновляемыми источниками энергии. Трансформация нашей энергетической системы потребует использования ВСЕХ низкоуглеродных решений, доступных нам сейчас. И политика Евросоюза должна их учитывать».**

### Кто оплатит водород

Серьезность намерений правительств, по-видимому, измеряется опубликованными сроками и суммами. Такие, например, есть у проекта Exelon и у стратегии Германии.

Проект Exelon оценивается в 7.2 млн долларов. Объем господдержки — 3,6 млн долларов. Предполагается, что к марту 2021 года компания выберет площадку, где будет проводить электролиз, проведет 30% нужных работ и проверит работу на симуляторе. Проект нужен для диверсификации бизнеса и повышения доходов АЭС: **«Exelon с 2018 г. ищет пути перепрофилирования своих атомных электростанций, что-**



## ТРЕНДЫ

[Назад к содержанию](#)

бы сделать их работу более эффективной экономически. Компания проводила совещания с представителями научного сообщества, бывшими сотрудниками и представителями регулирующих органов. И за несколько лет интенсивной работы мы пришли к выводу, что у нас, по сути, есть единственное решение — водород. Именно на нем мы хотим сосредоточиться в дальнейшем. Мы считаем, что за водородной энергетикой будущее», — сообщает журнал Power, цитируя вице-президента Exelon Скотта Гринли (Scot Greenlee).

Объем и источники поддержки водородной отрасли Германия предельно всеобъемлюще и четко изложила в самом начале своей стратегии: «...в период с 2016 по 2026 гг. будет предоставлено финансирование в размере 1,4 млрд евро. Дополнительно федеральное правительство использует средства, выделенные в рамках Программы исследования в области энергетики, на создание научно-исследовательской базы. В период с 2020 по 2023 гг. Фонд энергетики и климата выделит 310 млн евро на проведение практических исследований в области «зеленого» водорода. В тот же период планируется выделить дополнительно 200 млн евро на практические исследования технологий получения водорода. Кроме того, в 2020–2023 гг. будут выделены 600 млн евро на обеспечение «регулятивной песочницы для энергетического перехода», которая сократит время от разработки технологий и инновационных решений, в том числе водородных, до их вывода на рынок. В рамках национальной программы декарбонизации будут предоставлены средства на развитие технологий и переоснащение крупных производственных объектов, использующих



водород для декарбонизации своих производственных процессов. На эти цели в период с 2020 по 2023 гг. будет выделено более 1 млрд евро. Кроме того, существуют программы, направленные на использование водорода в производстве сырья, а также для сокращения выбросов углерода в промышленности. Эти программы призваны стимулировать инвестиции в разработку и применение водородных технологий. 3 июля 2020 г. Коалиционный комитет принял «пакет мер для будущего», предусматривающий выделение еще 7 млрд евро на ускорение вывода на рынок Германии водородных технологий и 2 млрд евро на развитие международного сотрудничества в этой области. Точные объемы финансирования по каждой из программ будут определены соответствующими министерствами».

В стратегии Евросоюза в разделе инвестиций подсчитали: «В период с настоящего времени и до 2030 г. инвестиции в электролизеры составят от 24 до 42 млрд евро. Дополнительно в тот же период может потребоваться 220–340 млрд евро на постройку и прямое подключение к электролизерам солнечных и ветровых генерирующих мощностей объемом 80–120 ГВт. Инвестиции в оснащение



## ТРЕНДЫ

[Назад к содержанию](#)

**половины существующих электростанций системами улавливания и хранения углерода оцениваются примерно в 11 млрд евро. Кроме того, 65 млрд евро потребуется на создание систем транспортировки и хранения водорода, в том числе водородных заправочных станций. Инвестиции в производственные мощности в Евросоюзе на период до 2050 г. составят 180–470 млрд евро».**

### Почему не раньше?

Часть ответа заключается в том, что панацею от роста выбросов раньше видели исключительно в ВИЭ. Часть — в собственных проблемах водородной энергетики, которые стали известны почти век назад. Использовать водород пробовали много раз для разного транспорта, но по разным причинам проекты не получили широкого распространения.

Первая проблема — взрывоопасность соединений водорода с кислородом и отсутствие надежных систем для хранения водорода, которые не будут взрываться. Именно из-за взрывоопасности дирижабли не смогли занять свое место в небе. Проблема до сих пор актуальна. Так, в июне 2019 года в норвежском Сандвике прогремел взрыв на водородной заправке. Жертв не было, но компания Упо-Х, которой принадлежала заправка, прекратила продажи водорода на всех трех заправках в Норвегии, а также в других странах Европы.

Вторая проблема связана с высокой летучестью водорода и наименьшим в природе размером его атомов. При малейшей разгерметизации бака транспортное средство можно остаться без топлива. А теперь

### Деньги на водород от Евросоюза до 2030 года (согласно стратегии)

- 24–42 млрд евро — инвестиции в электролизеры
- 220–340 млрд евро — на постройку и прямое подключение к электролизерам солнечных и ветровых генерирующих мощностей объемом 80–120 ГВт
- Примерно 11 млрд евро — инвестиции в оснащение половины существующих электростанций системами улавливания и хранения углерода
- 65 млрд евро — на создание систем транспортировки и хранения водорода, в том числе водородных заправочных станций

Инвестиции в производственные мощности в Евросоюзе на период до 2050 г. составят 180–470 млрд евро.

представим, что это самолет. Следствие — удорожание систем хранения (например, создание баков, состоящих из нанотрубок, заполненных водородом), увеличение общего веса и объема транспортного средства, проблема хранения оптовых объемов водорода. Гаральд Шварц предлагает закачивать водород в газохранилища, но пока это только предложения.

Третья проблема связана с комфортом для потребителя: транспорт — один из драйверов отрасли. Например, инфраструктура для автомобилей на водородном двигателе гораздо менее развита, чем инфраструктура для электрокаров на литий-ионных батареях. За счет эффекта масштаба электрокары дешевле, максимальный пробег между заправками у них больше.



## ТРЕНДЫ

[Назад к содержанию](#)


Четвертая проблема — необходимость извлечь из экосистемы промышленный объем воды. В глобальном масштабе она нигде не исчезнет, но для конкретного озера или реки надо будет считать водный баланс.

Наконец, главная проблема водорода, особенно применительно к стратегии декарбонизации — его происхождение и цена. Самый дешевый и потому распространенный способ — паровая конверсия метана. Самый старый способ — газификация угля. Самый приемлемый, но и самый дорогой — электролиз. Полученный этим методом водород считается зеленым (см. «Словарь» ниже). По данным экспертов, составлявших водородную стратегию для Франции, себестоимость производства водорода электролизом составляет 4–6 евро/кг при цене на электроэнергию 50 евро за МВтч и времени использования установки 4–5 тыс. часов в год. Для сравнения, себестоимость производства водорода по технологии газового риформинга, составляет 1,5–2 евро/кг. Но авторы стратегии считают, что себестоимость электролиза может упасть до 2–3 евро/кг. В европейской стратегии себестоимость «зеленого» водорода — 2,5–5,5 евро/кг,

но, по мнению авторов, она должна снижаться из-за эффекта масштаба.

Еще одна особенность, влияющая на цену — транспортировка. По данным французской стратегии, она увеличивает цену для конечных потребителей в таких отраслях, как пищевая промышленность, металлургия, электроника, производство стекла, до 10–20 евро/кг, редко — ниже 8 евро/кг. Можно было бы предположить, что транспортировка делает производство водорода локальным продуктом, но, например, стратегия Германии предполагает импорт части водорода из возобновляемых источников как через северную границу (Северное и Балтийское моря), так и через южную.

По сумме факторов без государственных усилий и лоббирования водород считается приемлемым, но не самым привлекательным энергоносителем. Например, по данным «Русатом Оверсиз» (входит в Росатом), лишь Toyota, Honda, Daimler, Nissan, GM создают автомобили с водородным двигателем, тогда как практически все мировые производители выпускают электрокары.

Сравнительно недавно начало развиваться направление электропоездов на водороде. Самый успешный эксперимент — водородный поезд Coradia iLint, который курсирует в Нижней Саксонии на расстояние 600 км. Технологию разработала немецкая компания LHB (сейчас входит в Alstom). К 2022 году правительство Нижней Саксонии планирует переоснастить еще 14 водородных поездов. Такой поезд сможет ехать 1 тыс. км без дозаправок и развивает скорость до 140 км/ч. В феврале 2020 года в Англии в свой первый рейс отправился водородный поезд Hydroflex. Правда,



## ТРЕНДЫ

[Назад к содержанию](#)

его батареи хватает лишь на расстояние до 75 миль. В июне 2020 года Alstom подписал пятилетнее соглашения с Snam, одной из крупных компаний в области энергетической инфраструктуры, разработку водородных поездов в Италии.

**Резюме:** создание крупномасштабной новой отрасли в энергетике требует от заинтересованных сторон больших инвестиций, направленных на то, чтобы удешевить новый источник энергии. Без них водородная промышленность развивалась бы, но, вероятно, лишь в нескольких нишах: например, в сегменте междугородних пассажирских железнодорожных перевозок на расстояние до 1000 км.

### Особенности рынка

Поскольку рынок водорода разворачивается за счет политической воли, стимулировать приходится не только производство, но и спрос и регуляторную базу: **«Мера № 13: Активная поддержка гармонизации (унификации) международных стандартов, касающихся водородного транспорта и водородных топливных элементов (в частности, стандартов заправочных станций, качества водорода, способов калибровки, утверждения типов водородных транспортных средств, лицензирования судов и тд.)»**, — говорится в водородной стратегии Германии.

В черновике европейской стратегии мировое производство водорода оценивается в 74 млн тонн, из которых только 4% — «зеленые». С учетом требуемой цены в 1,5–2 евро за килограмм можно подсчитать, что текущая емкость мирового рынка в деньгах — около 150 млрд евро в год. Прогноз о будущих объемах потребления

и производства приводить не будем, потому что реальность показала бесперспективность прогнозирования на долгий срок.

### Разработки Росатома

Росатом занимается разработками технологий по производству водорода уже почти полвека.

ОКБМ им. Африкантова, крупный научный, конструкторский и производственный центр атомного машиностроения (входит в Росатом), разработал проект атомной энерготехнологической станции с реактором МГР-Т для выработки электроэнергии и водорода из разного сырья.

Физико-энергетический институт им. Лейпунского (входит в Росатом) разрабатывает жидкометаллические электрохимические генераторы водорода. Специфика технологии заключается в том, что жидкий металл используется не только для передачи тепла, но и в качестве химического реагента. Суть технологии такова: водяной пар поступает в нижнюю часть емкости с расплавом. В результате реакции получается газообразный водород и растворенный в расплаве кислород. Теплообмен в расплаве интенсифицируется, водород легко отделяется в конденсаторе от не вступившей в реакцию воды. Сейчас проект находится на стадии проведения НИОКР.

Еще одна разработка — высокотемпературные гелиевые реакторы (ВТГР). Его особенность — работа при температуре 1000 °С. Создана экспериментальная база, разработаны и экспериментально отработаны ключевые технологии реактора, керамического топлива, системы преоб-

## ТРЕНДЫ

[Назад к содержанию](#)

разования энергии, оборудования и конструкционных материалов.

С развитием внимания к водородным технологиям во всем мире в 2017 году направление «водородная энергетика» вошла в стратегию научно-технического развития госкорпорации.

Новый проект, инициированный осенью прошлого года, — железнодорожное сообщение с использованием поездов на водородных топливных элементах на острове Сахалин. Это пилотный проект, на котором будут созданы и апробированы технологии, межкорпоративное взаимодействие и эксплуатация. Роль Росатома — поставка топливных элементов.

Проект движется: в июне 2020 года

АО «Всероссийский Научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций» (ВНИИАЭС, входит в Росатом) получил от концерна «Росэнергоатом» (электроэнергетический дивизион Росатома) заказ на обоснование проекта создания на Кольской АЭС Центра компетенций по атомно-водородной энергетике. **«Задачами такого Центра будет отработка перспективных технологий производства электролитического водорода, его хранения и транспортировки. Сейчас мы находимся в самом начале пути»**, — пояснили в пресс-службе концерна. Кроме того, ВНИИАЭС должен будет подготовить техническое задание на разработку проекта, конструирование и изготовление демонстрационного комплекса водородной заправочной станции и обливочный проект криогенного танка-

### Словарь

*Из «Национальной водородной стратегии» Германии:*

**Серый водород** — водород, полученный с использованием ископаемого топлива (углеводородов). Серый водород производится преимущественно путем парового риформинга природного газа. В зависимости от используемого углеводородного сырья его производство связано со значительными выбросами углерода.

**Голубой водород** — водород, полученный с использованием систем улавливания и хранения углерода. Это означает, что CO<sub>2</sub>, образовавшийся в процессе производства водорода, не попадает в атмосферу, и потому такое производство может считаться соответствующим принципам углеродной нейтральности.

**Зеленый водород** — водород, полученный путем электролиза воды; электричество, используемое в процессе электролиза, должно быть произведено возобновляемыми источниками энергии. Вне зависимости от применяемой технологии электролиза, такое производство водорода является безуглеродным, поскольку вся используемая электроэнергия поступает из возобновляемых источников.

**Бирюзовый водород** — водород, полученный путем термического разложения метана (пиролизом метана). Побочным продуктом данной технологии является твердый углерод, а не CO<sub>2</sub>. Условием ее углеродной нейтральности является достижение высокой температуры в химическом реакторе за счет возобновляемых или углеродно-нейтральных источников энергии и полное связывание выделяемого углерода.



## ТРЕНДЫ

[Назад к содержанию](#)

хранилища водорода для транспортировки его на средние и дальние расстояния на морских судах, а также эффективную модульную установку ожижения водорода. Отдельно «Росэнергоатом» заказал ВНИИАЭС обоснование и разработку техзадания для системы аккумулирования водорода на жидком органическом носителе, его хранения и транспортировки морскими танкерами ледового класса через Северный морской путь в Японию.

На Кольской АЭС уже работают два электролизера, которые производят 20,5 и 21,33 куб.м./час. Собственные потребности станции в водороде составляют 4,5 тыс. куб.м. в год. Несложно подсчитать, что номинально существующих мощностей более чем достаточно для

производства водорода для нужд клиентов. Однако электролиз более эффективен с использованием высокотемпературного пара, так как тепловая энергия частично заменяет электрическую и отношение произведенного водорода к затраченной электроэнергии растет, поэтому вполне вероятно, что исследование ВНИИАЭС покажет, что технологию надо будет дополнять или менять.

**Резюме:** Росатом обладает собственными разработками в сегменте водородной энергетики и продолжает наращивать свои компетенции, чтобы занять долю этого рынка.

[В начало раздела](#)





## Атом выходит на первый план

Ключевая роль в уменьшении зависимости энергетики Узбекистана от газа будет принадлежать атомной энергетике. Такое заявление сделал министр энергетики Узбекистана Алишер Султанов. В стране продолжают активные работы по подготовке к строительству первой в стране атомной станции. А ташкентский филиал НИЯУ МИФИ в этом году проводит дистанционный прием документов абитуриентов на новый учебный год.

Узбекистан стремится уменьшить свою общую зависимость от газа, на долю которого приходится примерно 85%

производства электроэнергии в стране. Центральное место в достижении этой цели займет атомная энергетика. Об этом в интервью изданию Power Technology заявил министр энергетики страны Алишер Султанов. **«Наличие собственных урановых ресурсов делает атомную энергетiku очевидным выбором для страны, тем более что она обеспечит производство чистой электроэнергии на десятилетия вперед. Мы стали членами МАГАТЭ в 1994 году и с тех пор ведем продуктивный и конструктивный диалог с этой организацией. С российской Госкорпорацией «Росатом» подписано соглашение о строительстве атомной электростанции, идет подготовка контракта»**, — рассказывает Султанов. По словам министра, падение цен на нефть и газ дало стране возможность сосредоточиться на других источниках энергии, таких как ветер, солнечная энергия и атомная энер-

## УЗБЕКИСТАН

[Назад к содержанию](#)

гия, в развитии которых очень заинтересован Узбекистан. Алишер Султанов заявил, что, хотя кризис, вызванный пандемией коронавируса, создал проблемы для текущих энергетических проектов и вынудил «ввести необходимые меры безопасности», это не изменило энергетические планы Узбекистана. **«Мы находимся на пути к достижению целей нашей амбициозной национальной энергетической стратегии. Хотя пандемия коронавируса привела к глобальной паузе, фактически работа не прекращалась»**, — подчеркнул министр.

Население Узбекистана быстро растет, и потребление электроэнергии в стране, как ожидается, удвоится с нынешних 69 ТВт·ч до 117 ТВт·ч к 2030 году. Это привело к запуску долгосрочной стратегии энергетического развития Узбекистана, которую разрабатывают власти страны. Акцент в ней делается на увеличении мощностей чистых источников энергии. Стратегия будет отражать три сценария перехода на низкоуглеродную энергетику. Реализация планов будет осуществляться за счет средств инвесторов. По плану, к 2030 году в Узбекистане ожидается появление ветроэлектростанций совокупной мощностью 3 ГВт, солнечных электростанций совокупной мощностью 5 ГВт, а также АЭС мощностью 2,4 ГВт.

Разрабатываемая стратегия основывается на другом ключевом документе — Концепции обеспечения страны электроэнергией до 2030 года, принятой в Узбекистане в мае. Концепция, разработанная при участии международных экспертов, предусматривает модернизацию существующих электростанций, создание новых видов электрогенерации за счет возобновляемых источников энергии и АЭС. Эти меры по-



зволят снизить выбросы парниковых газов на 10% к 2030 году относительно 2010 года.

Для развития атомной энергетики Узбекистану потребуются высококвалифицированные кадры, и в стране ведется их активная подготовка. В прошлом году в Ташкенте открылся филиал одного из самых престижных в мире университетов в области инженерно-физических наук — Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». Сейчас в дистанционном режиме ведется прием документов от абитуриентов на будущий учебный год. Сроки подачи документов были продлены до 1 августа. Приемная комиссия в этом году ожидает рост конкурса




## УЗБЕКИСТАН

[Назад к содержанию](#)

на учебное место. В прошлом году за одно место боролись 6–7 кандидатов в зависимости от специальности.

Приемная комиссия вуза сообщила, что прием студентов будет проходить по результатам экзаменов по математике, физике и русскому языку. Первые сто абитуриентов, набравшие самые высокие баллы, будут обучаться в Ташкентском филиале НИЯУ МИФИ на основе государственного гранта. Сейчас в филиале обучается 100 человек по 4 направлениям бакалавриата: «Ядерная энергетика и теплофизика»,

«Ядерная физика и технологии», «Электроэнергетика и электротехника», «Теплоэнергетика и теплотехника».

Об интересе к инженерно-техническим специальностям также говорит возросшее число школьников, участвовавших в этом году в Международной отраслевой физико-математической олимпиаде Росатома. По итогам олимпиады 29 учеников из Узбекистана получили право на обучение в НИЯУ МИФИ в Москве. 

[В начало раздела](#)