

# АТОМНАЯ СТРАТЕГИЯ

[www.proatom.ru](http://www.proatom.ru)

АВГУСТ 2025

# ЖЖ

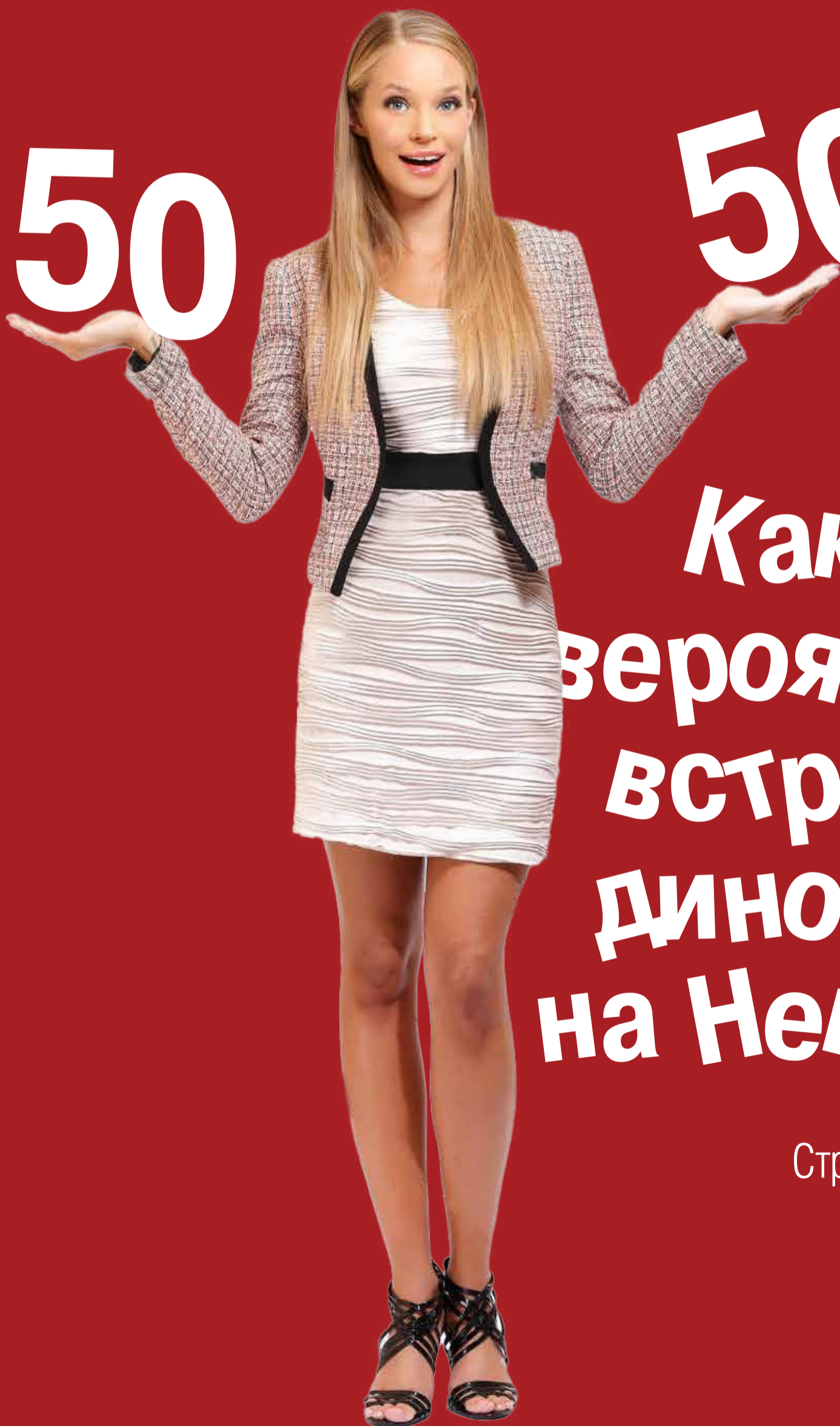
#225

# 50

# 50

**Какова  
вероятность  
встретить  
динозавра  
на Невском?**

Стр. 3



## ИИ без взаимодействия с человеком — просто красивая игрушка.



стр. **8**



## Безопасность АЭС в цифрах и фактах

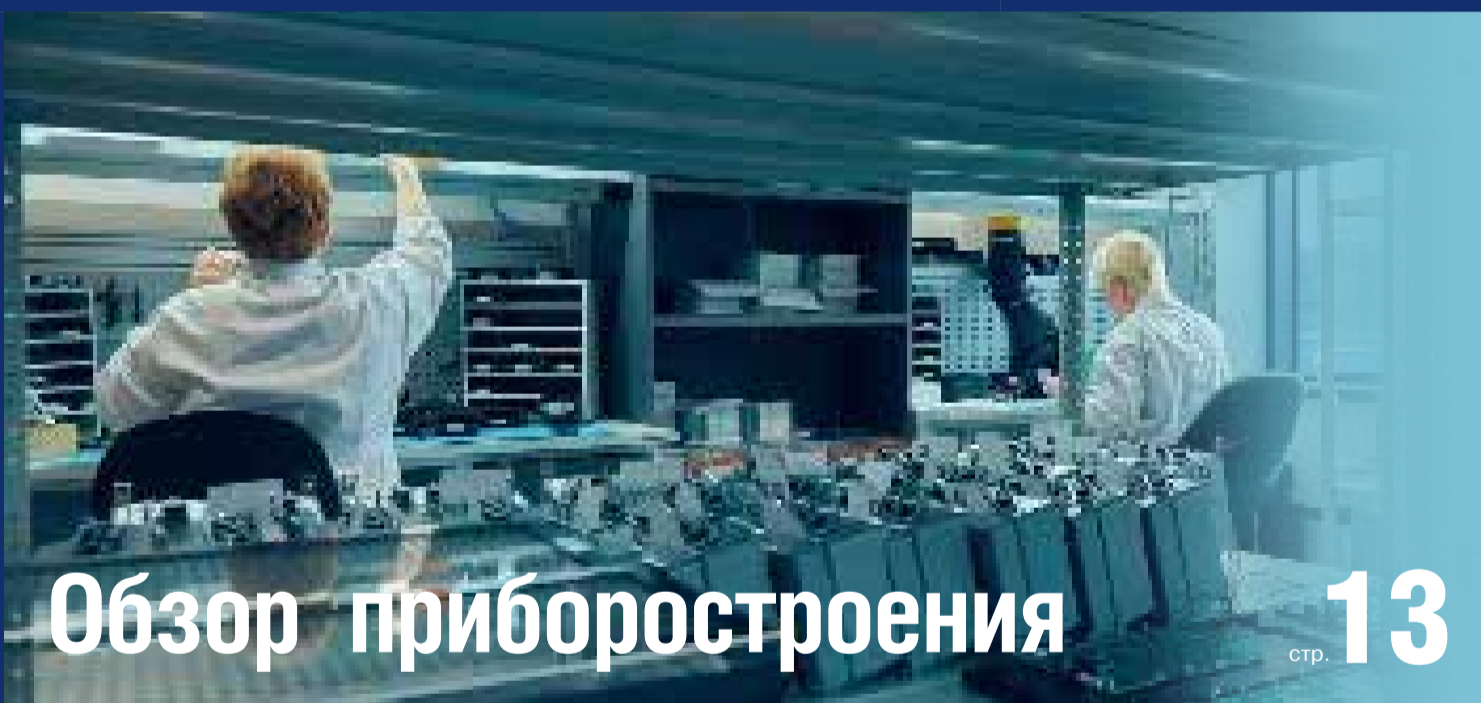
стр. **5**



**Б.Г.Гордон:**

«...сколькими жизнями  
человечество будет  
готово заплатить  
за развитие новой...  
технологии?»

стр. **3**



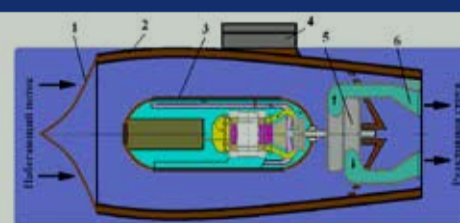
## Обзор приборостроения

стр. **13**

**О.Л.Фиговский: «...объем инвестиций  
в LENR превышает \$1,1 миллиарда»**



стр. **30**



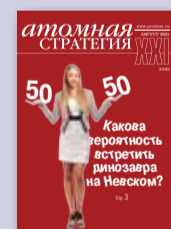
Турбо-жесткий модульный реактивный двигатель (ТЭМ - РД).

**Атомный  
двигатель  
для субмарин —  
это круто!**

стр. **18**

## Содержание

Опыты. О невероятности аварий. <b>Б.Г.Гордон</b>	3
Нету тела — нету дела. <b>Дементий Башкиров (С.М.Брюхов)</b>	5
Опыт анализа ПООБ на соответствие нормам Ростехнадзора в среде ИИ. <b>Е.А Катковский, А.Б. Фингерт</b>	8
Приборостроительный ренессанс. <b>Т.А. Девяиова</b>	13
Атомный навесной двигатель «Виноградова» для субмарин и кораблей. <b>Андрей Виноградов</b>	18
Как избавиться от сотен тысяч тонн ядерных отходов? <b>Янина Хухина</b>	22
Что такое АЭС малой мощности, и как они устроены. <b>Ирина Бокова</b>	24
Вопросы и ответы: на пути к замкнутому ядерному топливному циклу. <b>Михаил Барышников</b>	28
Ростех и МГТУ будут готовить специалистов для оборонных предприятий Кыргызстана. <b>Пресс-служба Госкорпорации Ростех</b>	29
США и КНР и другие страны по Nature Index 2025. Часть первая - LENR инженерные решения. <b>Олег Л. Фиговский</b>	30



№ 225, август 2025 г.

Основан в Санкт-Петербурге  
в марте 2002 г.

Учредитель и Издатель  
ЗАО «ОВИЗО»  
Свидетельство о регистрации  
журнала «Атомная стратегия»:  
№ ПИ 2-6494 от 21.03.2003  
в Северо-Западном  
окружном межрегиональном  
территориальном управлении  
Министерства Российской  
Федерации по делам печати,  
телерадиовещания и средств  
массовых коммуникаций (г. Санкт-Петербург)

Главный редактор — **Олег Двойников**.  
Редактор сайта [www.proatom.ru](http://www.proatom.ru) —  
**Людмила Селивановская**.  
Редактор — **Тамара Девятова**.  
Верстка — **Андрей Голубков**.

Почтовый адрес: 196070, Санкт-Петербург,  
а/я 127, АО «ОВИЗО».

Тел.: +7(921)958-9004.

E-mail: [info@proatom.ru](mailto:info@proatom.ru);

[www.proatom.ru](http://www.proatom.ru)

Подписано в печать 17.11.2025 г.

За содержание, авторство (антиплагиат) публикуемых  
в журнале материалов (статьи, иллюстрации) ответственность  
несут авторы. Редакция предоставляет авторам возможность  
высказаться, однако не берет на себя ответственность  
за предоставленные материалы и имеет свое представление  
о проблемах, которые не всегда совпадают с мнением  
авторов. Редакция рукописи не возвращает и оставляет  
за собой право редактирования материалов.

**Распространение:**

почтовая рассылка специалистам предприятий  
и организаций атомной отрасли, политикам, руководителям  
крупнейших предприятий и организаций энергетики,  
участникам выставок и конференций, подписчикам  
и рекламодателям.

Редакция благодарна авторам статей и рекламодателям  
за поддержку журнала «Атомная стратегия».

При перепечатке ссылка на журнал «Атомная стратегия»  
и предприятие «ОВИЗО» обязательна. Журнал «Атомная  
стратегия» выходит с периодичностью 12 раз в год.

**Отдел рекламы:**

тел. +7(921)958-9004. E-mail: [info@proatom.ru](mailto:info@proatom.ru)

Стоимость подписки на один экземпляр с рассылкой  
в пределах России — 5760 рублей.

Фрагмент фото на обложке. Источник: <https://www.dreamstime.com/same-stock-photo-model-image26226987>



Профессор Б.Г.Гордон

# Опыты. О невероятности аварий

**1. Однажды на ленте новостей и комментариев, посвящённых использованию атомной энергии, была опубликована прямая речь двух авторитетных работников атомной отрасли, касающаяся безопасности атомных станций (АС).**

**Т**ак, директор одной из них заявил, что двойная защитная оболочка и системы безопасности современного водородного энергетического реактора (ВВЭР) обеспечивают такие условия эксплуатации, при которых «новый объект электрогенерации будет абсолютно безопасным для человека и природы». А руководитель другого предприятия Росатома, рассуждая об одном из тоже современных проектов, утверждал, что «в целом мы на 100% уверены в безопасности данного реактора».

Конечно, такие безапелляционные мнения можно было бы отнести на счёт индуцированной СМИ ажитации их авторов или патетики самих корреспондентов, если бы время от времени подобные заявления не звучали из уст разнообразных и влиятельных специалистов отрасли. Я ещё застал те времена, когда крупные аварии на АС считались невозможными, и хорошо помню период между Чернобылем и Фукусимой, когда немолодые лидеры заверяли общество в выученных на зубок уроках, позволяющих преодолеть последствия любых аварий. И разве не та же уверенность питала слова известных мировых учёных, подписавших уже после Фукусимы декларацию: «Никогда больше»?

Давно подмечен дуализм подобных заявлений. Когда просят деньги на «повышение безопасности», оперируют недостатками в имеющихся знаниях, когда отчитываются за их расходование, трубят в фанфары успеха. Хотя специалистам хорошо известно, что существуют разные виды безопасности, что ловушка расплава, бесспорно, повышает радиационную безопасность человека, но не влияет на ядерную безопасность АС, а «абсолютной» безопасности просто не бывает. Последнее понятие ни в научной, ни в нормативной документации не определено, так как постулируется и не является предметом доказательств и, по существу, представляет собой метафору. На эту тему имеется целая литература, в которой нашлось место и моим книгам, например, /1/. Но несмотря на это, довольно часто неряшливое словоупотребление проскальзывает даже в конвенционных текстах и поэтому приходится возвращаться к проблематике оценок безопасности, которые будут рассмотрены далее в несколько необычном аспекте.

2. Многие технические специалисты сталкивались с филологическим явлением полисемии, когда одно и то же понятие имеет несколько значений в зависимости от контекста и области применения. Так, например, в законе /2/ даётся следующее определение ключевого термина: «Авария – разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ». Для большинства отраслей промышленности это определение служит образцом, юриди-

[Подписка на электронную версию](#)

[Подписка на электронную версию](#)



Дементий Башкиров  
(С.М.Брюхов)

# Нету тела – нету дела

(Статья для агрессивных политиков)

Какие мысли вызвала статья Гордона от 10.11.2025.

У конструкторов АЭС и инспекторов Ростехнадзора есть некое собственное, (традиционно внутренне присущее, ведомственное, внутригрупповое) понимание опасности АЭС, сформировавшееся за десятилетия самоизоляции от остальной энергетики и общества.

У этих групп специалистов не было и нет демонстрации знаний о тех последствиях, которые несут нам АЭС и хранилища ОЯТ, объекты использования атомной энергии, входящие в ядерные топливные циклы. Как при нормальной эксплуатации, так и при авариях различного уровня, от 1 до 7 уровня по шкале INES. По крайней мере, наличие таковых знаний не демонстрируется в публичных выступлениях, а специфический жаргон специалистов непонятен большинству потребителей мирной атомной электроэнергии.

Нет знаний – нет законов, которые бы наказывали нарушителей в момент посягательства на преступление. Но для ядерно-радиационной опасности относительная безопасность сегодня не означает отсутствие жертв в будущем. Если пока нет жертв, это не значит, что они не появятся в будущем, если сегодня будут нарушены требования ядерно-радиационной безопасности.

Коренной пересмотр норм радиационной безопасности (НРБ) в мире произошел после аварии в Чернобыле. Можно сказать, что это переворот в сознании специалистов мирной атомной энергетики. Результатом разворота к безопасности населения появились новые нормы и новая классификация опасности АЭС, в виде международной шкалы ядерных событий INES.

В радиационной токсикологии (нормы радиационной безопасности – НРБ-99 и позднее, являются частью Санитарных Норм и Правил, СанПин) всё предельно просто – получил дозу внутреннего или внешнего облучения – получил конкретные последствия для здоровья или для жизни. Нарушители законов НРБ несут уголовное наказание сразу после преступления, даже если болезни и гибель людей ещё не начали проявляться. Именно на этой науке строятся все законы, защищающие население России от преступлений ядерного сообщества. В отличие от обычных уголовных дел, где наличие (пострадавших или) погибших является составом преступления, и автоматически открывается уголовное дело (принцип прокурора: нету тела – нету дела), уголовные дела с нарушением пределов выбросов радиоактивных веществ в окружающую среду заводятся без наличия погибших или пострадавших, так как гибель и болезни попавших под выброс людей будет через месяцы, годы, десятилетия, выбросы приведут к увеличению детской смертности и уродствам, онкологии и ускоренного старения человека (сокращению продолжительности жизни).

Необходимо отметить, что не только радиационное воздействие приводит к тяжелым последствиям для здоровья и ранней смерти человека. Аналогичные воздействия у тяжелых металлов (свинец, ртуть...), ароматических соединений, наркотиков. Консерванты и продукты сгорания при жарке также вредны. Избытки сахара и соли вызывают болезни. Безопасный воздух, безопасная питьевая вода,

[Подписка на электронную версию](#)

[Подписка на электронную версию](#)

[Подписка на электронную версию](#)

# Опыт анализа ПООБ на соответствие нормам Ростехнадзора в среде ИИ

Стремительное развитие математических методов в теории и практике больших нейронных сетей и их, т.н. «глубокого обучения» привели к появлению ряда образцов систем для применения полученных результатов. В результате появился соответствующий термин — Искусственный Интеллект (ИИ) или Artificial Intelligence (AI) для идентификации таких систем.

По мере роста объема обучающих множеств и увеличения памяти и быстродействия компьютерных систем, появляются все новые и более эффективные версии таких систем. Например, буквально за 5 лет первая версия ИИ ChatGPT-1 уже доведена до версии ChatGPT-5 с не только большей мощностью но и с новыми важными функциями, например, обработкой информационных файлов пользователей этой версии. Это означает применение ИИ для получения новых знаний из источников, которых не было при его обучении. Важный аспект использования ИИ состоит в интеграции его с системами, где человек занимает важное положение — руководитель, эксперт, консультант и т.п. Многие вопросы интеграции и автоматизации освещены в [1].

Кроме того, понимание интеграции ИИ распространяется на совместные усилия людей и систем ИИ. Сотрудничество человека и искусственного интеллекта включает в себя разработку интерфейсов и рабочих процессов, которые способствуют эффективному взаимодействию и сотрудничеству между людьми и интеллектуальными машинами. Этот подход признает, что ИИ является инструментом для расширения человеческих возможностей, а не заменой, способствуя симбиотическим отношениям, которые используют сильные стороны обоих.

В своей статье [2] я утверждал, что пока ИИ не сможет вытеснить эксперта-человека. Оптимизму провидцев — сторонников ИИ — противостоят те, кто смотрит на доказательства и не подвержен шумихе. Может ли ИИ превзойти людей в любой когнитивно-сложной задаче? Будут ли машины вытеснять человеческий опыт? Мы выступаем за уникальные человеческие возможности, особенно за возможности специалистов. Пытаясь стереть эти различия, рассматривая мышление как сводимое к расчету, отрицатели опыта смогли поставить под сомнение способность экспертов.

Люди уникально способны к пограничному мышлению, социальному взаимодействию и ответственности за действия. Пограничное мышление включает в себя нашу способность справляться со серьезными проблемами, решать неструктурированные задачи, не пасовать перед лицом двусмысленности и неопределенности, отображать незнакомую область знания. Социальная активность зависит от доверия и координации, способности вырабатывать общую почву и выявлять, когда общая основа разрушается. Наконец, эксперты берут на себя ответственность за свои решения. Интеллектуальные системы этого не делают — если решение терпит неудачу, неизвестно, кто из проектантов или конструкторов виноват, но сама машина не признает

[Подписка на электронную версию](#)

[Подписка на электронную версию](#)

[Подписка на электронную версию](#)

[Подписка на электронную версию](#)

[Подписка на электронную версию](#)



# Приборостроительный ренессанс

XIV научно-техническая конференция «Ядерное приборостроение», планирующая обсудить вопросы разработки, производства и метрологии источников ионизирующих излучений, а также обеспечения единства измерений в области использования атомной энергии, состоится в октябре 2025 г.

**Н**а юбилейной конференции 2022 г., посвященной 70-летию Специализированного научно-исследовательского института приборостроения (АО «СНИИП») (фото), обсуждались история, текущее состояние и перспективы отрасли ядерного приборостроения, систем диагностирования энергоблоков АЭС, проблемы систем контроля и управления реакторными установками, систем радиационного и дозиметрического контроля [1].

Напомнив о кризисе приборостроения в конце 1990-х гг., который коснулся и ядерного приборостроения, гендиректор «СНИИП» А. Карцев остановился на событиях начала 2010-х гг., обозначивших начало атомного ренессанса в стране и за рубежом, послужившего возрождению приборостроительной отрасли.

## «И сегодня мы снова востребованы»

Во второй половине XX в. в СССР было создано мощное ядерное приборостроение, полностью удовлетворявшее запросы атомной науки, ядерной энергетики и промышленности в части измерений ионизирующих излучений

[Подписка на электронную версию](#)



[Подписка на электронную версию](#)



[Подписка на электронную версию](#)

[Подписка на электронную версию](#)



[Подписка на электронную версию](#)

# Атомный навесной двигатель «Виноградова» для субмарин и кораблей

Для тех, кто в молодости катался на водных лыжах, хорошо известны лодочные навесные моторы в СССР типа «Вихрь» и др.. Чем мощнее мотор, тем больше скорость на воде и больше лыжников одновременно тащит за собой катер. Был даже очень мощный лодочный мотор MERCURY производства Японии: мощность 150 л.с. (109 кВт), но вес аж 206 кг. В военном кораблестроении и гражданском судостроении навесные моторы не применяются, и тем более для подводных лодок. Для подводных лодок были созданы атомные силовые установки.

Рассмотрим на примере американской субмарины типа SSN-774 «Вирджиния», которые, кстати, в 2019 г. заказали американцы еще 9 шт. на общую стоимость 22,2 млрд долларов (см. рис. 1 [1]), поскольку ничего более удачного попросту нет. Новая версия подлодок получит существенно больший боезапас крылатых ракет «Томагавк» и расширенные огневые возможности. На субмаринах класса «Вирджиния» модификации Block IV устанавливают две 87-дюймовые установки револьверного типа, каждая из которых заряжается шестью крылатыми ракетами «Томагавк» (такую схему опробовали при модернизации стратегических ракетносцев типа «Огайо» в многоцелевые подлодки). Подлодки типа Block V планируют оснащать уже четырьмя пусковыми установками по семь ракет в каждой. Для этого придется увеличить длину корпуса субмарин примерно на 25 метров. Маневренность упала до нуля, тепловой шлейф огромный.

Атомная силовая установка занимает более 2/3 объема корпуса подлодки, что вынуждает делать субмарины гигантских размеров, например, подводные лодки проекта 955 «Борей» имеют длину аж 170 м. В СССР, и теперь в России, такая же ситуация, и вся эта гигантомания происходит из-за применения пароводяной технологии с низким к.п.д., водо-водяного реактора, паровой турбины и т.д. На другое техническое решение знаний пока не набрали, как сказал как-то про манагеров Роберт Нигматулин: «...одни неучи».

Пытались, правда, в СССР сделать силовую установку с быстрым компактным атомным реактором с жидкометаллическим теплоносителем, но неудачно (читайте книгу «Реакторы с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем. История трагедии и фарса» и статью Б.И. Нигматулина и В.А. Пивоварова: «Реактор, опередивший время» или «Арктический чернобыль» на сайте [www.proatom.ru](http://www.proatom.ru), 09/07/2024).

Опыт создания и эксплуатации реакторов со свинцово-висмутовым теплоносителем для АПЛ (1951–1996 гг.) имеет фундаментальное значение для современных проектов реакторов с ТЖМТ. Но скорость в подводном положении всё же получили 44 узла в отличие от субмарин с водо-водяными реакторами – 29 узлов. Такую скорость в то время не имела ни одна подлодка в Мире. Однако, аварии были трагичными.

На рис. 2 показана подлодка начала 21-го века с разрезами, что наглядно демонстрирует её перегруженность элементами силовой атомной установки, начиная от реактора, кончая редукторами и винтами. Экипаж



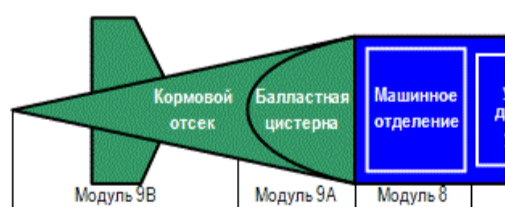
Андрей Виноградов,  
гл. конструктор  
проектов, к.т.н.

фактически находится в «обнимку» с атомным реактором. На рис. 3 российская подлодка проекта «Борей», также перегружена силовой установкой как все субмарины в Мире. Застой науки налицо.

Вопрос, можно ли сегодня, или в ближайшее время, создать навесные атомные двигатели, установив их на горизонтальные рули субмарины, тем самым освободить корпус от сегодняшней атомной силовой установки? Похоже, что время пришло, и есть уже для этого технические решения.

Профессор Массачусетского технологического института (MIT) США Якопо Буонджорно и его коллеги утверждают [2]: «... микрореакторы или так называемые «ядерные батареи» заводского изготовления, доставляемые грузовиками к местам использования, могут стать безопасным и эффективным способом декарбонизации мировых электроэнергетических систем. Возможно, мы стоим на пороге новой парадигмы для атома, предположила группа специалистов в области атомной энергетики в журнале Национальной инженерной академии «The Bridge». Подобно тому, как большие, дорогие и централизованные ком-

Подводная лодка типа SSN-774 «Вирджиния»



- Модули, производимые на верфи Newport
- Модули, производимые на верфи Electric Boat
- Модули, производимые каждой компанией

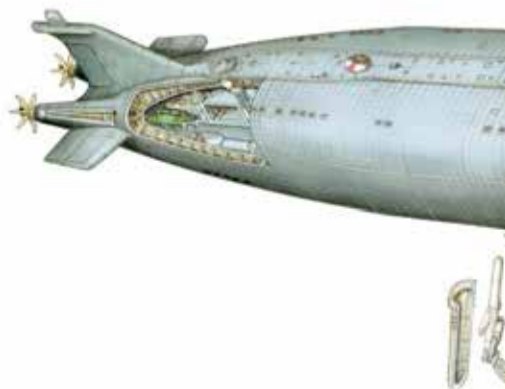


Рис. 2, (из открытого источника в Интернет)

[Подписка на электронную версию](#)

[Подписка на электронную версию](#)

[Подписка на электронную версию](#)



[Подписка на электронную версию](#)

# Как избавиться

## от сотен тысяч тонн ядерных отходов?

**Отработанное ядерное топливо (ОЯТ) представляет собой важную мировую проблему. Если говорить о нашей стране, то из реакторов АЭС ежегодно выгружают около 650 тонн радиоактивных отходов, причем большая часть из них подлежат захоронению и лишь 15% перерабатываются.**

Ученые из Санкт-Петербурга создали уникальную технологию переработки ОЯТ и дезактивации энергетических ядерных установок, в том числе облученного реакторного графита, ставшего глобальным камнем преткновения для развития ядерной энергетики во всем мире. Подробнее об этом — в интервью с руководителем исследования кандидатом физико-математических наук Анной Станиславовной Петровской.

— **В чем заключается главная сложность переработки отработанного ядерного топлива?**

— Замыкание ядерного топливного цикла — это по-прежнему одна из самых актуальных задач ядерной энергетики во всем мире. Есть несколько аспектов, усложняющих ситуацию. В их числе — огромное количество отработанного ядерного топлива, накопленного за весь период эксплуатации реакторов: сотни тысяч тонн ОЯТ по всему миру и около 25 тыс. т в России. Существующие технологии переработки ОЯТ недостаточно эффективны. Так, например, наиболее распространенный радиохимический подход приводит к образованию огромного количества вторичных жидких радиоактивных отходов, при этом любая радиохимическая технология подразумевает сложный многостадийный процесс, ведь компоненты ОЯТ содержат около 40 различных химических элементов, которые необходимо разделить. Это очень непростая задача. Прежде всего необходимо отделить уран и плутоний от того «хвоста», который образуется при работе непосредственно в топливе. Поскольку этих элементов, как я уже сказала, достаточно много, то для каждого из них нужно обеспечить протекание отдельной химической реакции, а значит, требуются большие и сложные установки, и вся эта химия осуществляется в условиях сильнейшей радиации. Все это увеличивает затраты на технологический процесс как по времени (в том числе по времени, необходимому для внедрения в промышленность), так и по объему. Но самое главное — это образование больших объемов жидких радиоактивных отходов (ЖРО). Возникает глобальная проблема: что делать с их хранением и дальнейшей переработкой?

— **Захоронение не решает эту проблему?**

— Нет. Захоронение любых радиоактивных отходов (неважно, глубинное оно или поверхностное) можно назвать проблемой, отложенной на потом. Чтобы решить сложную задачу переработки ОЯТ и замыкания ядерного топливного цикла, необходимо прежде всего найти новые эффективные подходы. В мире развиваются различные способы ее решения. Мы, в свою очередь, предложили уникальную ионно-плазменную ионно-термическую технологию переработки ОЯТ, свободную от образования жидких радиоактивных отходов: для этого мы атомизируем таблетку ОЯТ или ее фрагменты в атмосфере инертного газа с помощью укороченного плазменного разряда, а потом разделяем атомы по различию в температуре конденсации.



А. С. Петровская

— **По сути, разбираете отработанное топливо на мельчайшие составляющие?**

— Да. Эта атомизация осуществляется в разряде за счет двух процессов: ионного и термического распылений. Далее в специальной диффузионной разделительной трубе происходит разделение по элементному составу топлива за счет дифференциации по температурам насыщенных паров. Эффективность разделения химических элементов, в частности урана и плутония, при этом составляет не менее 99%.

— **Что происходит после разделения химических элементов? Можно ли использовать их повторно?**

— Эффективное разделение элементов позволяет перенести делящиеся элементы уран и плутоний в новое топливо и повторно использовать их. Другие, наиболее радиоактивные компоненты, выделенные из ОЯТ, можно направить на повторное «дожигание» в реакторы на быстрых нейтронах, превращая их в стабильные или короткоживущие изотопы, таким образом снижая общее количество радиоактивных элементов, возникающих от ядерной энергетики. Кроме того, важно, что в таких разделенных остатках ОЯТ могут содержаться разные полезные изотопы, например стронций-90 — бета-излучатель, который можно использовать для фабрикации бета-вольтаических батарей. Это, кстати, непосредственно относится к еще одному из наших научных направлений: мы занимаемся разработкой новых источников «вечной» энергии. Бета-вольтаические источники, как правило, производят на основе полупроводников, которые, к сожалению, деградируют под воздействием радиационного излучения. Мы же предлагаем новую бета-вольтаическую батарею, основанную на принципе термоэмиссионного преобразователя: в нашей технологии полупроводники не используются, там нужен катод, снабженный слоем из бета-излучателя, например уже упомянутого стронция-90. Итак, разделив ОЯТ, мы можем осадить стронций-90 в твердом виде на отдельной металлической подложке, чтобы использовать его как ключевой элемент для бета-вольтаической батареи.

— **А почему, когда говорят о таких батареях, слово «вечные» обычно пишут в кавычках? Какой у них все-таки срок службы?**

— Действительно, срок их «вечности» зависит от периода полураспада. Обычно, говоря «вечный», подразумевают, что срок службы таких изделий в тысячи раз превосходит суще-

на быстрых нейтронах, и у России в этой области есть технологический приоритет.

— **Уже удалось замкнуть цикл?**

— Работы в этом направлении в нашей стране ведутся. Построены прототипы энергетических реакторов на быстрых нейтронах, испытаны новые виды МОКС- и СМУП-топлива. Но для того чтобы замкнуть этот топливный цикл, даже используя реакторы на быстрых нейтронах, необходима эффективная технология переработки ОЯТ, поскольку даже в отработанном топливе таких реакторов все равно содержится огромная доля (более 20%) нужных делящихся топливных элементов: урана и плутония. В отсутствие переработки ОЯТ, если уран с плутонием не будут выделены и повторно использованы (например, в существующих энергетических реакторах уже на тепловых нейтронах, которым достаточно 5% топлива), все замыкание топливного цикла полностью развалится, так как после «быстрых» реакторов из игры выходит слиш-

[Подписка на электронную версию](#)

[Подписка на электронную версию](#)

W

W .

# Что такое АЭС малой мощности, и как они устроены

**АЭС, которую можно доставить на север снегоходом или по реке на барже — это уже не эксперимент, а новая реальность. Сегодня над такими проектами работают в России, Китае, США и других странах. Разбираемся, как устроены маломощные АЭС, где они уже работают и заменят ли традиционные станции.**



**Ирина Бокова,**  
автор *Наука Mail*

**К**огда речь заходит о ядерной энергетике, в воображении обычно возникают громады АЭС с башнями градирен, клубами пара и километрами труб. Но в последние годы на смену этому образу приходит кое-что иное — гораздо меньшее по размеру, но не по значению.

Мир ищет способы сделать энергетику безопаснее, мобильнее и ближе к людям — буквально. Идея малых АЭС заключается в том, чтобы собрать атомную станцию на заводе, доставить ее в контейнере в нужное, зачастую труднодоступное место, и просто запустить прямо там. И такие проекты уже получили распространение.

после стихийных бедствий, при перебоях в энергоснабжении или для временных инфраструктурных проектов вроде **нефтяных платформ** или военных баз;

- **декарбонизация энергетики.** В условиях борьбы с климатическим кризисом малые АЭС становятся альтернативой углю и мазуту — особенно в регионах, где солнечные или ветровые установки работают нестабильно.

В регионах с ограниченной инфраструктурой АЭС малой мощности становятся привлекательным решением. Все благодаря заводскому изготовлению, коротким срокам строительства и высокому уровню безопасности. Некоторые проекты, например, российские реакторы РИТМ-200Н или «Шельф-М», **разрабатывают** с прицелом на транспортировку в стандартных контейнерах или баржах. Все для того, чтобы их можно было доставлять даже в районы без дорог и портов.

## Устройство и принцип работы

АЭС малой мощности разрабатывают с разными конструкциями, но всех их объединяет модульный принцип. ММР представляют собой заводские блоки, которые можно собирать серийно, перевозить и устанавливать в любой точке. Это упрощает логистику и сокращает сроки ввода в эксплуатацию.

## Типы реакторов

Наиболее распространенные типы реакторов в маломощных АЭС:

- **водо-водяные** — классическая технология, где вода одновременно служит теплоносителем и замедлителем нейтронов. Используется в проектах типа РИТМ-200Н от Росатома;

- **тяжелометаллические** — вместо воды используют жидкий натрий, который эффективно отводит тепло при низком давлении. Такие реакторы используют в рамках проекта СВБР-100 (теплоноситель — свинец-висмут);

- **газоохлаждаемые** — теплоносителем служит гелий или углекислый газ. Такие реакторы функционируют при высоких температурах и могут применяться не только для выработки электроэнергии, но и для тепловой энергии для промышленных нужд. Пример — НТР-РМ в Китае.

## Конструкция и безопасность

ММР **проектируют** с приоритетом на встроенные пассивные системы безопасности. То есть такие, которые срабатывают без участия оператора и без внешнего электропитания.

Ряд проектов АСММ предполагается размещать под землей или в защитных бетонных капсулах. Это повышает их устойчивость к внешним воздействиям — в том числе природным катастрофам. Конструкция предполагает:

- интеграцию всех элементов в один модуль;
- отсутствие обширных контуров трубопрово-

водов высокого давления — что уменьшает риск утечек;

- заводскую сборку и испытания до транспортировки — это снижает число строительных и монтажных операций на площадке.

## Цикл работы и автономность

Большинство ММР рассчитаны на долгий автономный цикл работы без замены топлива. Например, РИТМ-200Н может функционировать 6 лет, а СВБР-100 — до 7–8 лет.

Дело в том, что такие установки ориентированы на удаленные регионы, где нет условий для постоянного обслуживания и ежегодных перегрузок топлива.

## Примеры уже разработанных и строящихся ММР

Ряд стран уже реализуют проекты АЭС малой мощности. Они делают ставку на мобильность, автономность и экологическую эффективность.

## Россия: РИТМ-200Н и плавучая АЭС

Сегодня самый продвинутый российский проект в сфере ММР — РИТМ-200Н. Его **разрабатывает** ОКБМ Африкантов, который входит в Росатом. Этот водо-водяной реактор мощностью 55 МВт создан на основе судовых реакторов типа РИТМ-200. Их активно применяют на атомных ледоколах серии «Арктика».

Ранее Россия уже запустила первую в мире плавучую АЭС — «Академик Ломоносов». Основа станции — реакторы серии КЛТ-40, разработанных в ОКБМ имени И.И. Африкантова. Она снабжает теплом и электричеством город Певек на Чукотке. Реакторы этой станции тоже сделаны по маломощной технологии.

## Китай: НТР-РМ

Китай **развивает** проект газоохлаждаемого высокотемпературного реактора НТР-РМ — «High Temperature Gas-Cooled Reactor — Pebble-bed Module». Это два модуля по 250 МВт (т), соединенные с одной турбиной на 210 МВт (эл.). В качестве топлива здесь используют сферические топливные элементы с керамической оболочкой. А в качестве теплоносителя — гелий.

Такой реактор подходит не только для генерации электричества, но и для промышленных нужд. Например, производства водорода. Первый блок НТР-РМ подключили к сети в Китае в декабре 2021 года.

## США: NuScale

Американская компания NuScale Power разработала проект SMR. Каждый модуль этой АЭС малой мощности выдает до 77 МВт (эл.), а вся станция может состоять из двенадцати таких блоков. Реакторы проектируют с прицелом на самоохлаждение без насосов, использование пассивных систем безопасности и заводскую сборку.

Первую такую станцию планировали построить в штате Юта. Но в 2023 году проект **отменили** из-за роста затрат. И все же NuScale продолжает разрабатывать новые конфигурации.

## Канада: Micro Modular Reactor (MMR)

Канадская компания Ultra Safe Nuclear Corporation вместе с универси-

тетом Саскачевана **развивает** проект ММР на твердом топливе, охлаждаемый гелием. Мощность одного модуля — 15 МВт (т) или около 5 МВт (эл.). Реактор ориентируется на удаленные северные территории и может автономно работать без перегрузки топлива до 20 лет. Запуск пилотного проекта в Чок-Ривер запланировали на вторую половину 2020-х.

## Преимущества и риски

Проекты АЭС малой мощности **позиционируют** как гибкую альтернативу крупным атомным станциям и углеродным источникам энергии. Особенно они перспективны для труднодоступных районов, где сложно организовать стабильное электроснабжение.

Вот главные достоинства этой технологии:

- **автономность и надежность** — такие станции могут работать в изолированных районах без подключения к централизованной сети. Модели вроде РИТМ-200Н рассчитаны на 6–8 лет работы без перезагрузки топлива;

- **безопасность** — проекты ММР ориентированы на инновационные (пассивные) системы безопасности. Некоторые проекты используют перспективные типы топлива, которые более устойчивы к возможному аварийным ситуациям;

- **быстрое развертывание** — благодаря заводской сборке и модульности пустить в эксплуатацию такую станцию можно за 2–3 года. Вместо 10–15 лет, как у обычных АЭС;

- **децентрализация энергосети** — АЭС малой мощности снизят нагрузку на большие энергоцентры — это повысит устойчивость всей системы.

Однако проекты АЭС малой мощности не лишены слабых мест. Вот основные минусы этой технологии:

- **высокая стоимость на старте** — производство единичных (головных) реакторов пока дороже, чем у крупных АЭС. Без массового серийного выпуска себестоимость энергии остается высокой;

- **регулирование** — не во всех странах есть четкие нормативы для лицензирования ММР. Это **тормозит** внедрение новых моделей, особенно с инновационными (отличными от воды) теплоносителями;

- **недоверие общества** — несмотря на высокий уровень безопасности, слово «ядерный» вызывает опасение у населения вблизи потенциальных площадок для размещения маломощных АЭС.

## Заключение

АЭС малой мощности — это попытка перестроить ядерную энергетику под новые задачи. Вместо станций большой мощности, на возведение которых требуется десять и более лет, — компактные модули, которые можно собрать на заводе, доставить в контейнере и запустить за пару лет. Особенно это важно там, где нет ни электросетей, ни времени на долгострой — в Арктике, на удаленных территориях, в зонах бедствий.

Пока у этой технологии хватает сложностей. Дорого, непривычно, много бюрократии. Но интерес к ней растет — и у инженеров, и у политиков, и у энергетиков. Возможно, именно такие установки станут одним из кирпичиков новой, более гибкой и устойчивой энергосистемы.

**Наука Mail**



## Что такое АЭС малой мощности, и зачем они нужны

АЭС малой мощности (АММ), или малые модульные реакторы (ММР, SMR — Small Modular Reactors) — это ядерные энергетические установки с электрической мощностью до 300 МВт. Они компактнее, проще в производстве и быстрее в масштабировании, чем крупные АЭС. Их главная особенность — модульность. Такие реакторы изначально проектируют как готовые блоки. Поэтому их можно собирать серийно на заводе, транспортировать в готовом виде и быстро монтировать на месте.

Интерес к АЭС малой мощности стремительно растет по всему миру — не только в России, но и в США, Китае, Канаде, Южной Корее и других странах. Причины — в универсальности и гибкости этих систем:

- энергоснабжение удаленных и труднодоступных территорий, где невозможно или экономически нецелесообразно строить крупные станции или прокладывать ЛЭП. Это особенно актуально для Арктики, Сибири, северных районов Канады и Аляски;

- быстрое развертывание энергообеспечения в чрезвычайных ситуациях. Например,

# Комментарии читателей сайта **www.proatom.ru**

[Подписка на электронную версию](#)

[Подписка на электронную версию](#)

[Подписка на электронную версию](#)

# Вопросы и ответы: на пути к замкнутому ядерному топливному циклу

**Р**уководитель департамента разработки инновационных продуктов российской компании Tenex и бывший председатель рабочей группы Всемирной ядерной ассоциации по отработанному ядерному топливу, объясняет, что такое замкнутый ядерный топливный цикл и как он разрабатывается.

— Как бы вы описали замкнутый топливный цикл?

— Замкнутый топливный цикл — это система, в которой топливо, извлечённое из ядерного реактора, перерабатывается, а полученные ядерные материалы повторно используются для создания нового топлива. В современных легководных реакторах топливо не выгорает полностью. Фактически до 97% его массы составляет несгоревший уран и плутоний. Оба этих элемента можно повторно использовать для создания нового топлива. Таким образом, замкнутый топливный цикл во многих отношениях является единственным практическим решением, если мы говорим об эффективном использовании природных ресурсов и минимизации отходов. Однако из-за особенностей нейтронных спектров легководных реакторов обычные легководные реакторы могут поддерживать только один цикл переработки плутония и два или три цикла переработки урана.

— Что можно сделать, чтобы решить эту проблему?

— Перспективным решением является «разделение и трансмутация». Это технический процесс, который предполагает разделение отработанного ядерного топлива на различные компоненты для их оптимального использования. В рамках этого процесса применяются специальные технологии, которые могут улучшить существующие методы обращения с отходами.

— Чем это отличается от существующих методов переработки ядерного топлива?

— Во Франции и других странах, использующих аналогичные методы, из отработанного ядерного топлива в процессе переработки извлекаются только уран и плутоний. Остальные материалы считаются отходами. Извлечённые уран и плутоний затем повторно используются в качестве топлива в легководных реакторах, а остальное остекловывается и отправляется на окончательную утилизацию. При использовании этого метода уран можно повторно ис-

[Подписка на электронную версию](#)

www.proatom.ru

## Комментарии чит



В долгосрочной перспективе энергетику планеты Земля будут в большей степени обеспечивать Renewable/ВИЭ. В данный момент мощностей Renewable строится намного больше, чем NPP. Легководные NPP, которые составляют основной парк ядерной генерации сильно дороги. Раз в два, как минимум, дороже, чем ВИЭ. Ядерные реакторы на быстрых нейтронах дороже легководных. Раз в три, примерно. Перспектив не имеют. Потому ЗЯТЦа не будет. Чисто по экономическим причинам.



Стыдно читать этого диванного сотрудника TENEX. Отработанное — отработав-

шее, да? Мог бы глядыва? Непонятно пространство Ну, а по жен, это в США, и но, нете — бирж легковод точно не разре время г генераци стоимос даже м сти уран понимает для пер

[Подписка на электронную версию](#)

## Ростех и МГТУ будут готовить специалистов для оборонных предприятий Кыргызстана

**Госкорпорация Ростех, Министерство экономики и коммерции Кыргызской Республики и МГТУ им. Н.Э. Баумана заключили соглашение о подготовке будущих инженеров. Его цель — обеспечить предприятия оборонно-промышленного комплекса республики квалифицированными специалистами. В дальнейшем выпускники вуза будут привлечены к реализации совместных российско-кыргызских проектов.**



**С**оглашение подписали член Бюро Союза машиностроителей России, заместитель генерального директора Госкорпорации Ростех Николай Волобуев, заместитель министра экономики и коммерции Кыргызской Республики Искендер Асылкулов и ректор МГТУ им. Н.Э. Баумана Михаил Гордин.

«Российская Федерация и дружественные ей страны решают сегодня стратегические задачи по достижению технологического суверенитета. Независимость партнеров России за рубежом может быть обеспечена за счет реализации совместных проектов в сфере поставок, разработки, сервисного обслуживания высокотехнологичной продукции. Именно поэтому один из ключевых вопросов сегодня — чему и как мы можем научить иностранных студентов в интересах предприятий ОПК дружественных стран», — отметил Николай Волобуев.

Стороны договорились разрабатывать совместные образовательные и научно-исследовательские программы и проекты. Ростех окажет консультационную поддержку вузу и помощь Министерству экономики и коммерции Кыргызской Республики в отборе кандидатов, а также формировании заявок на подготовку специалистов. Кроме того, сотрудники Корпорации будут участвовать в образовательном процессе, учебно-методической и научной работе. Это позволит усилить практическую подготовку будущих специалистов.

«В настоящее время Киргизия активно развивает свой промышленный потенциал. В этом процессе республика сталкивается с кадровым дефицитом. Подписание данного соглашения создаст возможность для подготовки столь необходимых республике кадров по самым прорывным направлениям науки и технологии», — отметил заместитель министра экономики и коммерции Кыргызской Республики Искендер Асылкулов.

«Формирование единого образовательного пространства для предприятий ОПК дружественных стран — важнейшее направление деятельности Корпорации в области военно-технического сотрудничества. В условиях обострения геополитической ситуации в мире подготовка инженерных кадров является тем стратегическим ресурсом, который влияет не только на экономическое, но и на геополитическое положение государств на мировой арене. В настоящий момент в реализации наших образовательных программ для иностранных студентов участвуют 120 вузов, в их числе Бауманка, МАИ, УрФУ и другие ведущие университеты России», — сказал директор по международному сотрудничеству и региональной политике Госкорпорации Ростех Виктор Кладов, выступая в Бауманке.

Министерство экономики и коммерции Кыргызской Республики будет формировать заявки на подготовку специалистов, участвовать в создании образовательных программ и организации практик для студентов на своих производственных подразделениях. Уни-

верситет, со своей стороны, адаптирует программы под требования рынка труда, будет формировать у студентов практические навыки и привлекать специалистов министерства и Корпорации к учебному процессу и оценке знаний.

«Для МГТУ им. Н.Э. Баумана главной задачей всегда была подготовка высококвалифицированных инженеров. Сегодня эта миссия расширяется и включает обучение иностранных студентов из дружественных стран в рамках международной повестки, реализуемой Госкорпорацией Ростех. Поэтому мы ставим перед собой цель готовить специалистов, которые будут продвигать отечественную технику за рубежом, обеспечивать ее сервисное обслуживание, подтверждать надежность и эффективность российских решений и будут востребованы при реализации совместных проектов в будущем», — сказал Михаил Гордин.

В ближайших планах Корпорации по развитию инструментов обучения иностранных специалистов — адаптировать образовательные программы Ростеха под иностранных студентов, повысить практико-ориентированность программ, в том числе за счет привлечения площадок промышленных предприятий, а также предоставить корпоративные стипендии лучшим студентам. Одновременно Ростех готов совместно с иностранными партнерами по ВТС формировать перспективный кадровый прогноз для обучения в российских инженерных вузах с учетом стратегических задач и вызовов дружественных государств и конкретных контрагентов.

Между Ростехом, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Уральским федеральным университетом и компанией «Кыргызиндустрия» ранее было заключено соглашение о совместном отборе иностранных студентов. В рамках этого партнерства студенты из-за рубежа за счет федерального бюджета, в том числе по квоте Корпорации — до 100 человек, уже обучаются в России по техническим специальностям. Кроме того, привлечение иностранных абитуриентов для обучения в России в интересах стран — партнеров Ростеха ведется силами представителей Корпорации в иностранных государствах, которые являются амбассадорами МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В 2024 году Ростех совместно с Секретариатом ОДКБ выступил инициатором разработки Межгосударственного соглашения о подготовке кадров для предприятий и организаций ОПК государств — членов Организации. Проект был поддержан национальными частями ОДКБ и в настоящее время проходит согласование.

Сегодня иностранные студенты дружественных государств имеют возможность обучения инженерно-техническим специальностям в российских вузах по направлению и квотам Корпорации. В 2025 году были отобраны более 100 человек из Армении, Бангладеш, Эфиопии, Киргизии, Мьянмы, Уганды, Руанды и других стран.

[Пресс-служба Госкорпорации Ростех](#)

# США и КНР и другие страны по Nature Index 2025.

## Часть первая – LENR и инженерные решения

Согласно только что опубликованному рейтингу Nature Index 2025, в мировой науке с этого года официально осталась лишь одна сверхдержава – Китай. За последний год разрыв между Китаем и США увеличился в четыре раза, что эксперты называют поворотным моментом в глобальном научном лидерстве.

**К**итай уже в 2022 году добился доминирования в числе публикаций в ведущих научных журналах. Тогда, согласно Nature Index, Китай опубликовал 3488 научных работ против 2051 у США. Эти показатели отражают количество статей в таких изданиях, как Nature и его профильные журналы. В 2025 году разрыв стал почти необратимым.

Доля (Share) по Nature Index за 2024 год: Китай: 32122 (+17,4% за год), США: 22083 (-10,1%). Для сравнения, доли Франции, Великобритании и Канады также упали – не менее чем на 9%. В топ-10 ведущих научных учреждений мира по версии Nature Index восемь – китайские. США сохранили лидерство лишь в двух номинациях: биологические науки и науки о здоровье. Но эксперты называют эту победу «дорого далась» – цена такой конкуренции оказалась слишком высока.

По прогнозу 2025 года, количество новых докторов наук в области STEM (наука, технологии, инженерия, математика) в Китае составит 77000, а в США – всего 40000. По оценке Американской ассоциации содействия развитию науки (AAAS), шанс переломить ситуацию ещё есть, но он «очень мал». Россия в рейтинге Nature Index 2025 заняла 22-е место, находясь на уровне Бразилии. В стране ежегодно выпускается менее 10000 STEM-докторов. Ещё до 2022 года она входила в число главных «доноров» научных проектов для Китая. Тогда 112 из 448 китайских «копируемых» разработок имели российское происхождение. В 2024 году, по оценкам ИИ-аналитики, примерно 250 из 670 подобных китайских проектов были основаны на российских наработках. Научное доминирование Китая – это уже не тренд, а новая реальность. Впереди – глобальные сдвиги в распределении интеллектуального влияния. США впервые за десятилетия оказались в роли догоняющего.

Планы возрождения микроэлектронной промышленности пали жертвой секвестра российского бюджета. Министерство промышленности и торговли в 5 раз урежет расходы на госпрограмму «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности», в рамках которой власти намеревались довести до 40% долю отечественных товаров на рынке электроники. Бюджет программы с 26,5 млрд рублей в 2024 году сократится до 4,9 млрд в 2026-м, сообщает «Коммерсант» со ссылкой на презентацию Минпромторга. Источник издания подчеркивает, что субсидии пользовались спросом, и снижение объёма поддержки на 12 млрд рублей – это «существенный удар». Другой собеседник «Ъ», представитель крупного производителя электроники предупреждает, что урезание финансирования негативно скажется на разработке и производстве новой продукции: компании будут вынуждены пересматривать свои планы. На госпрограмму развития микроэлектроники



Академик Олег Л. Фиговский (Израиль)

всего в 2013–2024 годах было выделено более 295 млрд руб. Но эффект от нее достигнут лишь частично. Счетная палата выявила недостижение показателей получателями субсидий, а также сообщила, что объемы производства «не могут привести к достижению технологической независимости» страны. Глава Ассоциации разработчиков и производителей электроники Иван Покровский отмечает, что объемы производства электроники в России уже сокращаются – на 15% в прошлом году и более чем на 10% в текущем. Это «связано с исчерпанием потенциала контрсанкционного импульса», пояснил Покровский.

Общий объем инвестиций в исследования низкоэнергетических ядерных реакций (НЭЯР или LENR) теперь превышает 1,1 миллиарда долларов, что свидетельствует о серьезном интересе. Но это только видимая часть айсберга. Большая часть финансирования находится в черных ящиках частного и военного секторов финансовых рынков. Министерством энергетики США в 2007 году было создано новое агентство под названием ARPA-E



[Подписка на электронную версию](#)

[Подписка на электронную версию](#)



[Подписка на электронную версию](#)



# События, анонсы, прогнозы, скандалы, комментарии

в электронном интерактивном еженедельнике

# АТОМWEEK



Еженедельно **100** важнейших событий атомной отрасли на **7-12** страницах AtomWeek. **48** выпусков в год. Распространяется по электронной почте в формате PDF

