

## ТРАНСПОРТАБЕЛЬНЫЕ И ПЛАВУЧИЕ АЭС

В мире есть немало труднодоступных мест, не подключенных к магистральным сетям энергоснабжения, в России, например, это районы Крайнего Севера. Для выработки тепловой и электрической энергии там используются, в основном, малая тепловая энергетика и изолированная генерация (электростанции на базе дизельных генераторов). Чтобы снизить зависимость таких территорий от непрерывных поставок топлива, запасных частей и сервисного обслуживания, альтернативным технологическим решением могут стать транспортабельные и плавучие атомные теплоэлектростанции малой и средней мощности, работающие в автономном режиме продолжительное время.

Среди наиболее перспективных и продвинутых разработок в данном направлении — ПАТЭС, или плавучая атомная теплоэлектростанция (представляет собой судно, на котором размещены пара ядерных блоков и паротурбинные установки, а также комплекс вспомогательных береговых и гидротехнических сооружений). Подобная станция позволяет одновременно производить тепловую и электрическую энергию и получать пресную воду. Техническое решение ПАТЭС предполагает гибкий мощностной ряд (12—200 МВт) и продолжительную автономную работу. Капитальный ремонт станции осуществляется на судоремонтном заводе раз в 10-12 лет, текущий ремонт и перегрузка топлива производятся прямо на судне, поочередно на каждом из блоков.

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ



### ЭФФЕКТЫ

Энерго- и теплоснабжение удаленных и труднодоступных территорий, а также обеспечение пресной водой жилых и промышленных районов портовых городов.

Снижение доли сырья в общей стоимости тарифа на электроэнергию вместе с повышением доли амортизационных отчислений.

Обеспечение доступа к новым месторождениям полезных ископаемых или более эффективная добыча в уже разрабатываемых районах.

### ОЦЕНКИ РЫНКА

**\$12,3 млрд**

может составить объем мирового рынка ПАТЭС к 2025 году.

Первая станция «Академик Ломоносов» будет запущена к 2016 году. В России массовое развитие малой атомной энергетики ожидается на горизонте 2020-х гг. В мире плавучие и транспортабельные станции могут стать востребованными в 2020—2025 гг.

Вероятный срок максимального проявления технологического тренда: 2030—2035 гг.

### ДРАЙВЕРЫ И БАРЬЕРЫ

⬆️ Растущий спрос на транспортабельные решения для энергетики со стороны открывающихся возможностей по добыче полезных ископаемых и освоению новых территорий.

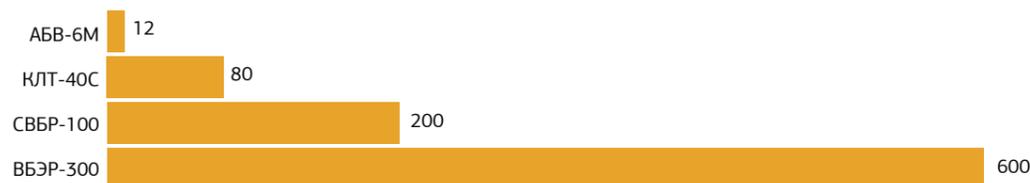
⬆️ Возможность встраивания станций с реактором малой мощности в энергосистему любой емкости.

⬆️ Снижение риска повреждения объекта при землетрясении в случае размещения АЭС на воде.

⊖ Отсутствие у стран-поставщиков ядерных технологий референтного образца транспортабельной или плавучей АЭС.

⊖ Отсутствие действующей нормативно-правовой базы для плавучих ядерных объектов.

### СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ: СУММАРНАЯ ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЕДИНИЧНАЯ МОЩНОСТЬ ПАТЭС С РАЗЛИЧНЫМИ РЕАКТОРНЫМИ УСТАНОВКАМИ, МВт (2014)



### МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ



### МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПАТЕНТНЫЕ ЗАЯВКИ



### УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ В РОССИИ

«Паритет»: уровень российских исследований не уступает мировому.

# ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

## ГИБКИЕ РЕШЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Новая ядерная энергетика движется в сторону более надежных, безопасных, безотходных и универсальных технологий.

Среди наиболее перспективных — гибкие (модульные) решения, которые позволяют наращивать любую мощность и функционировать долгое время в различных энергосистемах и природных условиях; одновременно производить электроэнергию, пар (тепло) и пресную воду; добиваться более эффективного использования природного урана посредством замыкания ядерного топливного цикла.

В выпуске представлены три направления перспективных исследований и разработок в ядерной энергетике, в которых Россия занимает в мире уверенные передовые позиции. Эти разработки связаны с реакторами на быстрых нейтронах, атомными опреснительными комплексами, транспортабельными и плавучими атомными теплоэлектростанциями.

Трендлеттер выходит 2 раза в месяц.

Каждый выпуск посвящен одной теме:

- Медицина и здравоохранение
- Рациональное природопользование
- Информационно-коммуникационные технологии
- Новые материалы и нанотехнологии
- Биотехнологии
- Транспортные средства и системы
- **Энергоэффективность и энергосбережение**

В следующем номере:

Передовые производственные технологии

Мониторинг глобальных технологических трендов проводится Институтом статистических исследований и экономики знаний Высшей школы экономики (issek.hse.ru) в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ.

При подготовке трендлеттера использовались источники: Прогноз научно-технологического развития РФ до 2030 года (prognoz2030.hse.ru), материалы научного журнала «Форсайт» (foresight-journal.hse.ru), данные Web of Science, Orbit, МАГАТЭ, unesco.org, un.org, www.eia.gov, iaea.org, rosatom.ru, sng-atom.com, atomicexpert.com, technologyreview.com, globalwaterintel.com, ctmmarket.ru и др.

Более детальную информацию о результатах исследования можно получить в Институте статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ: issek@hse.ru, +7 (495) 621-82-74.

© Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2015

Над выпуском работали:

Анастасия Корнилова, Илья Кузьминов, Анна Соколова, Надежда Микова, Лилия Киселева, Елена Гутарук, Карина Назаретян, Ким Воронин.

## РЕАКТОРЫ IV ПОКОЛЕНИЯ С ЗАМКНУТЫМ ЯДЕРНЫМ ТОПЛИВНЫМ ЦИКЛОМ

Атомная энергетика не является полностью безотходной. В процессе обогащения природного урана для производства топлива, в ходе переработки отработанного ядерного топлива (ОЯТ) образуются радиоактивные отходы. После специальной переработки их можно повторно использовать для производства электроэнергии в реакторах IV поколения, или реакторах на быстрых нейтронах. Переход на них может способствовать общему сокращению объемов радиоактивных отходов.

Реакторы на быстрых нейтронах действуют по замкнутому, практически безотходному, циклу. В них можно «дожигать» отработанное ядерное топливо легководных реакторов, использовать разное по составу топливо, включая «смесь» различных изотопов урана и других элементов, сходных с ним по качеству — и таким образом диверсифицировать «топливную корзину».

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ



### ЭФФЕКТЫ

Снижение выбросов парниковых газов в атмосферу за счет вывода из эксплуатации устаревших топливных электростанций.

Расширение топливной базы ядерной энергетики.

Сокращение использования природных запасов урана в связи с переходом на полный замкнутый топливный цикл.

Утилизация радиоактивных отходов.

### ОЦЕНКИ РЫНКА

₽110,428 млрд

составляют инвестиции в Федеральную целевую программу «Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010—2015 годов и на перспективу до 2020 года».

К 2020 году в России будут действовать три коммерческих реактора на быстрых нейтронах: БН-600, БН-800, БН-1200.

Вероятный срок максимального проявления технологического тренда: 2040—2045 гг.

### ДРАЙВЕРЫ И БАРЬЕРЫ

↑ Истощение экономически выгодных запасов углеводородов.

↑ Обострение проблемы глобального потепления климата.

↑ Увеличение объемов радиоактивных отходов, заполнение ядерных хранилищ в мире и в России.

⊖ Угроза режиму нераспространения оружия (реакторы на быстрых нейтронах потенциально могут нарабатывать оружейный плутоний).

⊖ Значительные инвестиции в НИОКР и длинный инвестиционный цикл (не менее 10 лет требуется на развитие технологии «с нуля» и наращивание компетенций).

⊖ Необходимость привлечения большого числа квалифицированных кадров на всех стадиях производства.

### СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ: ОПЕРАЦИОННАЯ СТРУКТУРА МИРОВОГО ПАРКА РЕАКТОРОВ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ В 2015 Г., ЧИСЛО РЕАКТОРОВ



### МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ



### МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПАТЕНТНЫЕ ЗАЯВКИ



### УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ В РОССИИ

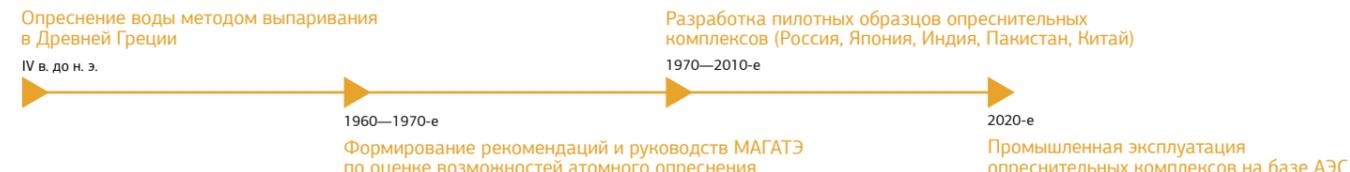
«Паритет»: уровень российских исследований не уступает мировому.

## АТОМНЫЕ ОПРЕСНИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

К 2050 году около 40% жителей планеты могут проживать в районах остроого водного дефицита. Спрос на воду в мире вырастет на 55%: главным образом за счет потребления в промышленности (рост до 400%), тепловой энергетике (140%) и домохозяйствах (130%). Для опреснения морской воды сейчас используют, в основном, либо дорогостоящую и энергоемкую технологию обратного осмоса, которая базируется на процессе ионической фильтрации, либо технологию, основанную на физическом процессе выпаривания, — многостадийную / многоступенчатую дистилляцию.

Решить растущую проблему водного дефицита может строительство атомных опреснительных комплексов. Их можно устанавливать на базе атомных электростанций с реактором разной мощности: большой (более 1 000 МВт), средней (300—700 МВт) и малой (до 300 МВт).

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ



### ЭФФЕКТЫ

Решение проблемы питьевого водоснабжения, улучшение социальной ситуации и быта людей, проживающих в засушливых районах или районах с недостатком водных ресурсов.

Значительная выгода для местной экономики (каждый доллар, инвестированный в улучшение водоснабжения и санитарии, в зависимости от типа реализованного проекта может принести от 4 до 12 долларов).

### ОЦЕНКИ РЫНКА

≈ \$60 млрд

к 2018 году могут составить глобальные инвестиции в сектор опреснения.

50% мирового рынка опреснительных установок могут занять к тому времени российские технологии. При этом совокупный рынок потребителей российских опреснительных комплексов (ОАЭ, Китай, Ливия, Индия и другие страны) оценивается в 27 млрд долларов. Вероятный срок максимального проявления технологического тренда: 2025—2030 гг.

### ДРАЙВЕРЫ И БАРЬЕРЫ

⊖ Растущий дефицит воды.

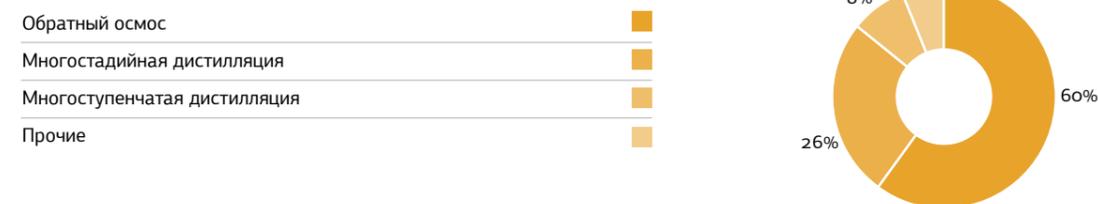
⊖ Необходимость улучшения санитарных условий в городах и удовлетворения спроса на воду со стороны промышленности.

⊖ Значительные капитальные затраты на строительство атомных опреснительных комплексов.

⊖ Невысокий уровень и суженная география ввода новых мощностей в сравнении с потенциальными.

⊖ Отсутствие в мире действующей референтной атомной опреснительной станции (достигшей проектных характеристик и параметров с соблюдением требований ядерной и радиационной безопасности).

### СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ: СТРУКТУРА МИРОВОГО ОПРЕСНИТЕЛЬНОГО СЕКТОРА ПО ПРИМЕНЯЕМЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ ОПРЕСНЕНИЯ



### МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ



### МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПАТЕНТНЫЕ ЗАЯВКИ



### УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ В РОССИИ

«Паритет»: уровень российских исследований не уступает мировому.