

**Центр макроэкономического анализа и краткосрочного  
прогнозирования**

Тел.: 8-499-129-17-22, факс: 8-499-129-09-22, e-mail: mail@forecast.ru

# **Мониторинг и анализ технологического развития России и мира**

---

**№ 24, 4 кв. 2020 г.**



**Декабрь 2020**

# Содержание

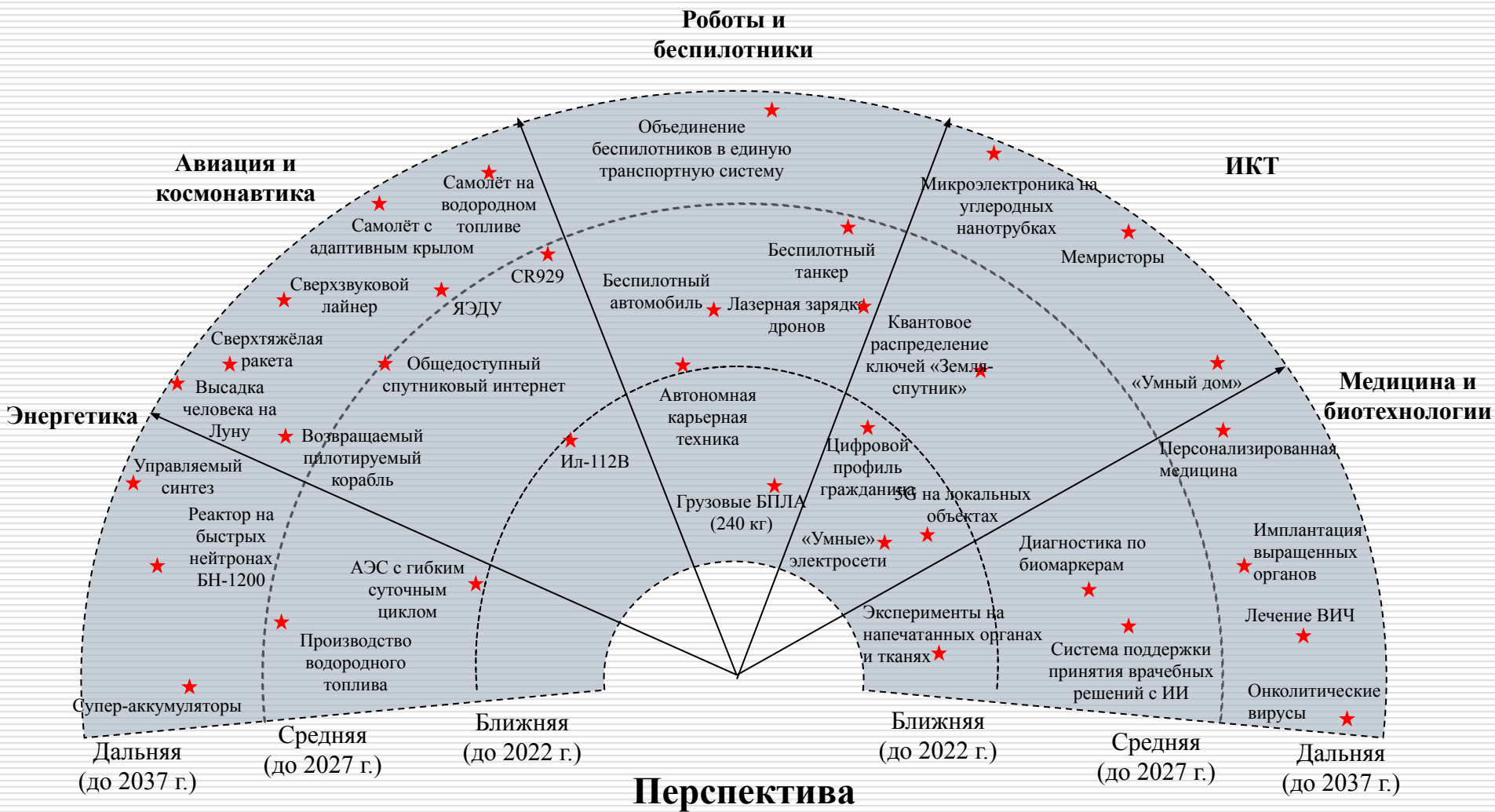
---

1. Технологические тренды в России
  - I. Технологический радар России
  - II. Мониторинг технологического развития в России
  
2. Технологические тренды в мире
  - I. Мировой технологический радар
  - II. Мониторинг технологического развития в мире
  
3. Тема номера: «Водородная энергетика: технологии, политика и перспективы»

# 1. Технологические тренды в России

---

# 1.1.1. Технологический радар России



## 1.2.1. Мониторинг технологического развития в России: энергетика

---

### Углеводороды

- АО «Адмиралтейские верфи» спустили на воду исследовательскую платформу «Северный полюс», предназначенную для автономного дрейфа по льдам Северного ледовитого океана в течение 2 лет. Мощность собственной энергетической установки, срок службы - не менее 25 лет, экипаж судна - 14 человек + 34 человека научного персонала. Использование этой платформы позволит сделать работу полярных экспедиций более безопасной и обеспечит возможность исследования полезных ископаемых в Арктике.

### Атомная энергетика

- Во Всероссийском научно-исследовательском институте экспериментальной физики (Саров, Нижегородская область) запущен Первый модуль самой мощной в мире лазерной установки УФЛ-2М, необходимой для проведения экспериментов по так называемому управляемому инерциальному термоядерному синтезу и исследований свойств вещества в экстремальных состояниях - при сверхвысоких давлениях и температурах. Такая установка необходима для исследования экстремальных свойств вещества – в том числе, для изучения возможности создания новых источников энергии, понимания процессов происходящих в звездах, моделирования ядерных взрывов и разработки новых видов ядерного оружия.

### Акумуляторы

- Исследователи из «Сколтеха», РХТУ и ИПХФ разработали новые катодные материалы на основе полимеров и испытали их в литиевых двухионных батареях. Применение новых катодов позволит создать калиевые двухионные аккумуляторы, не использующие дорогостоящий литий.

## 1.2.2. Мониторинг технологического развития в России: авиация и космонавтика

---

### Ракеты-носители

- НПО Энергомаш (ГК Роскосмос) провёл первые огневые испытания жидкостного ракетного двигателя РД-171МВ, предназначенного для ракет-носителей Союз-5 и для сверхтяжёлой ракеты-носителя Енисей. Испытания прошли в штатном режиме.
- ГК Роскосмос сообщила о втором испытательном пуске ракеты «Ангара-А5», которая была запущена с космодрома Плесецк. Это уже второй успешный запуск Ангара-А5 тяжёлого класса из 6 запланированных по программе испытаний.
- ГК Роскосмос провела огневые стендовые испытания второй ступени ракеты-носителя лёгкого класса «Ангара-1.2», что стало этапом в разработке новой ракеты-носителя.

### Военная авиация

- Воздушно-космические силы (ВКС) России получили первый серийный истребитель пятого поколения Су-57.
- Объединённая авиастроительная корпорация (ГК Ростех) изготовила опытный образец двигателя для перспективного российского бомбардировщика ПАК ДА. Сообщается, что двигатель подготовлен к стендовым испытаниям, которые запланированы на 2021 год. Технические подробности не сообщаются.

## 1.2.2. Мониторинг технологического развития в России: авиация и космонавтика

---

### Авиация

- На аэродроме Иркутского авиационного завода, филиала ПАО Корпорация "Иркут" (ОАК, ГК "Ростех"), состоялся первый полет самолета МС-21-310, оснащенного новыми российскими двигателями ПД-14. Новый двигатель стал первым в постсоветской истории турбореактивным гражданским двигателем, полностью спроектированным российскими специалистами. При разработке двигателя был освоен ряд критических технологий и разработаны новые материалы, что позволило получить двигатель, соответствующий современному поколению гражданских турбореактивных двигателей.
- Министр промышленности и торговли Д.В. Мантуров сообщил о завершении статичных испытаний крыла МС-21, изготовленного из российских композитных материалов.
- На аэродроме Жуковский совершил первый полёт новый пассажирский Ил-114-300, разработанный Авиационным комплексом им. С.В. Ильюшина. Самолёт является обновлённой версией самолёта Ил-114, разработанного ещё в Советском Союзе. В новой версии были доработаны двигатель, винт и установлена автоматическая система управления.

### Электросамолёт

- Компания СуперОкс совместно с ЦИАМ им. П.И. Баранова выполнили пробные пуски электродвигателя на высокотемпературных сверхпроводниках, установленного на летающую лабораторию на базе самолёта Як-40. Ожидается, что в 2021 году российские разработчики первыми в мире испытают ВТСП-двигатель на летающей лаборатории.

## 1.2.3. Мониторинг технологического развития в России: роботы и беспилотники

---

### БПЛА

- Компания “Газпром нефть” впервые в российской практике в арктических условиях доставила пробы с месторождения при помощи БПЛА. В ходе испытаний в Ханты-Мансийском автономной округе, беспилотник вертолётного типа пролетел более 40 км на высоте до 200 м. Аппарат устойчив к условиям Крайнего Севера и позволит значительно сократить расходы и увеличить скорость доставки грузов массой до 7 кг.
- Российская компания Gaskar Group представила автоматический терминал для БПЛА, оборудованный сдвигаемой крышей, из под которой выдвигается взлетная площадка с дроном. Терминал оснащён метеостанцией, сообщаемой сведения о пригодности погодных условий для полета, и манипуляторами для замены и зарядки аккумулятора.
- На полигоне ВС России Ашулук в Астраханской области выполнена серия полётов тяжёлого ударного беспилотника С-70 «Охотник» в варианте истребителя с имитаторами ракет «воздух–воздух». Как сообщают СМИ со ссылкой на источник в оборонно-промышленном комплексе, выполненные полёты позволяют оценить сопряжение бортового радиоэлектронного оборудования беспилотника с системами наведения ракет и ведущим самолётом Су-57.

### Сухопутная беспилотная техника

- На Ленинградской АЭС испытан уникальный робот, способный проводить диагностику и ремонт облицовки стен и дна бассейнов выдержки энергоблоков с реакторами ВВЭР-1200. В отличие от использованной ранее технологии теперь нет необходимости сливать воду или выгружать топливо для проведения диагностики. Отличительная особенность робота - его многофункциональность: он ищет возможные течи, определяет их координаты, зачищает дефектную поверхность и выполняет наплавку на поверхность облицовки посредством сварки. Его ремонтные модули оснащены поворотными кронштейнами, что позволяет производить работы в любых труднодоступных местах.



## 1.2.4. Мониторинг технологического развития в России: информационно-коммуникационные технологии

---

### Защищённая видеосвязь

- Компании Trueconf и Baikal Electronics объявили о стратегическом партнерстве, в ходе которого адаптировали программное обеспечение Trueconf для работы с набором команд процессора Baikal-M, созданного на базе архитектуры ARM. Совместимость таких решений позволит строить корпоративные сети коммуникаций для правительственных и частных организаций с высокими требованиями к прозрачности внедрения и защищенности связи.

### Центр обработки данных

- Госкорпорация «Росатом» вывела на рынок новый цифровой продукт - «Мобильный центр обработки данных», предназначенный для работы на труднодоступных территориях в проектах, требующих оперативного оборудования точки приема, обработки и передачи информации. Мобильный ЦОД представляет собой комплекс вычислительного, инженерного и коммуникационного оборудования, размещенный в специализированном транспортном контейнере и перемещаемый с помощью транспортных средств. Комплекс обладает высокими параметрами отказоустойчивости и надежности, включая режим автономной работы без электросетей и каналов связи до 8 часов. Может применяться в добывающей промышленности, строительстве, транспортной отрасли, в системе МЧС и природоохранной сфере.

### Система управления доступом

- «Национальный центр информатизации» (ГК «Ростех») разработал отечественное решение для эффективного управления идентификационными данными и доступом пользователей. Новое решение позволяет сократить затраты на администрирование и обслуживание ИТ-инфраструктуры компании.

## 1.2.5. Мониторинг технологического развития в России: медицина и биотехнологии

---

### Блокировка биологических процессов

- Группа учёных из США и России разработала метод лечения аортального стеноза, при котором на сердечном клапане откладывается кальций и образуется костная ткань. Благодаря идентификации ответственных за заболевание генов, была построена модель течения болезни, на основе которой методами искусственного интеллекта были подобраны молекулы, способные заблокировать развитие болезни. В ходе экспериментов на мышах, болезнь удавалось либо полностью вылечить, либо остановить её развитие.

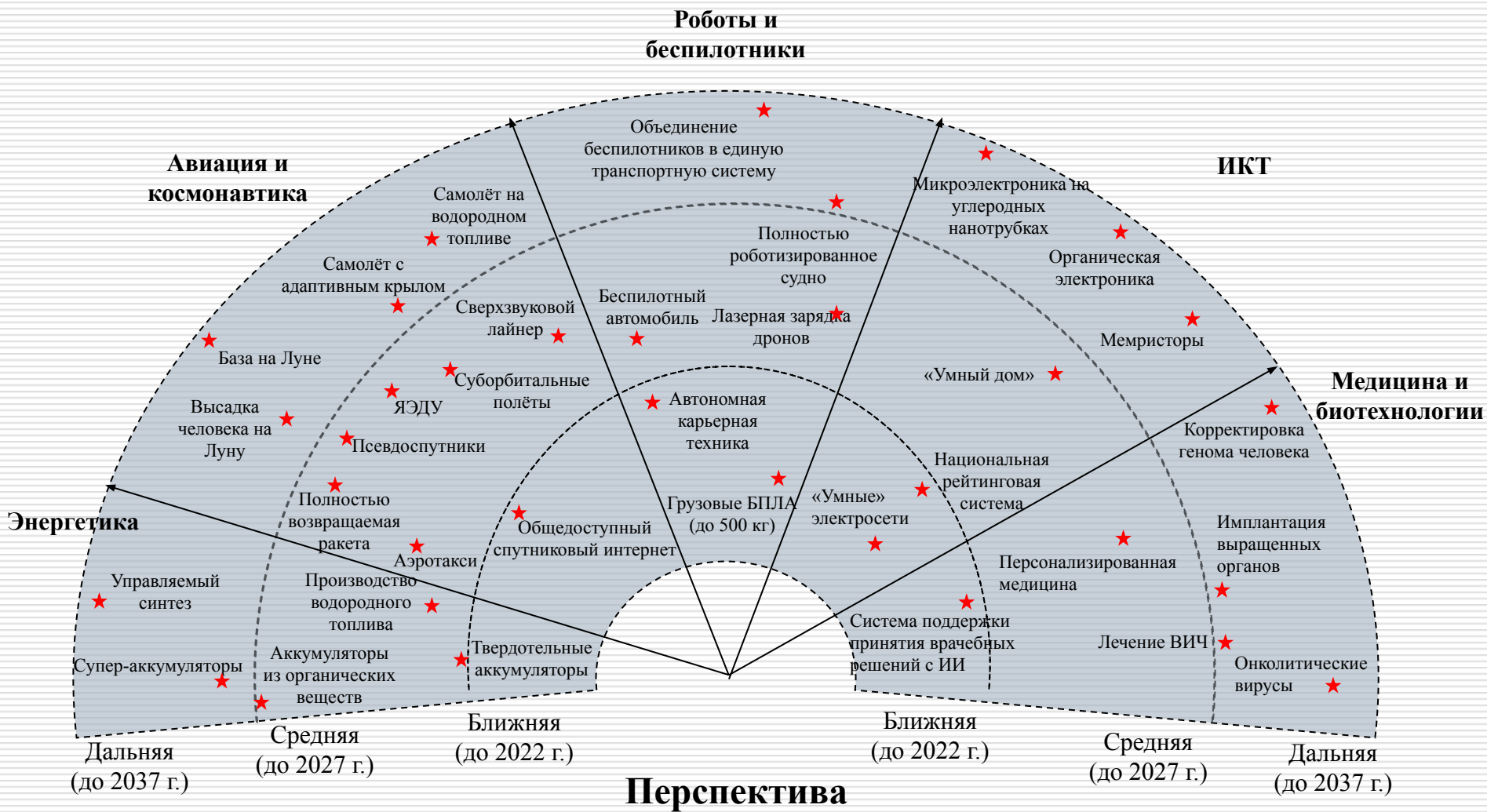
### Медицинское оборудование

- Институт электронных управляющих машин им. И.С. Брука, входящий в концерн «Автоматика» Госкорпорации Ростех, завершил глубокую модернизацию ультразвуковых приборов серии «Комплексмед». В ходе модернизации были расширены диагностические возможности приборов, варианты их конструктивных исполнений, а также реализована возможность построения приборов на базе российской компьютерной платформы «Эльбрус».
- Научно-исследовательский институт электронных приборов ГД Ростех начал производство мощных и незаметных устройств очистки воздуха и поверхностей, которые сочетают в себе функции рециркулятора и УФ-излучателя. Подобные устройства предназначены для использования в офисах и цехах, где будет монтироваться на потолке.

## **2. Технологические тренды в мире**

---

## 2.1.1. Мировой технологический радар



## 2.2.1. Мониторинг технологического развития в мире: энергетика

---

### Солнечные панели

- Учёные Берлинского центра материалов и энергии им. Гельмгольца представили кремний-перовскитовые фотоэлементы с рекордным КПД – 29,1%. Всего пять лет назад максимальная эффективность тандемных солнечных элементов была 13,7%, два года назад она достигла 25,2%, а в 2020 — 27,7%. Считается, что технология станет коммерчески привлекательной при достижении КПД 30%. Кремний-перовскитовые фотоэлементы обладают более высоким КПД по сравнению с чисто кремниевыми или чисто перовскитовыми фотоэлементами за счёт того, что позволяет улавливать волны сразу в двух диапазонах.

### Атомная энергетика

- В Китае начал работу термоядерный реактор HL-2M Токамак, крупнейший и самый передовой экспериментальный токамак в стране. Он использует мощное магнитное поле для нагрева плазмы до температур свыше 150 млн градусов Цельсия — это приблизительно в десять раз жарче, чем в центре Солнца.
- Американская компания NuScale представила вариант атомного реактора малой мощности NuScale Power с установкой для производства водородного топлива. Один модуль такого реактора способен генерировать 250 МВт тепла или 77 МВт электричества. В новой версии энергия используется для нагрева воды до 860 °С, которая затем проходит через систему электролиза и распадается на водород и кислород. Один модуль реактора позволяет вырабатывать 50 т водородного топлива в день.

## 2.2.1. Мониторинг технологического развития в мире: энергетика

---

### АКБ

- Калифорнийский стартап QuantumScare представил твердотельный аккумулятор, который превосходит традиционные литий-ионные аналоги по пяти ключевым характеристикам: ёмкости, скорости зарядки, сроку службы, цене и безопасности. Батарея QuantumScare заряжается до 80% за 15 минут, сохраняет более 80% своей емкости после 800 с лишним циклов. Объёмная плотность энергии достигает 1000 Вт\*ч/л, что примерно на 80% больше, чем у самых современных литий-ионных ячеек. Сообщается, что Volkswagen инвестировал в стартап 300 млн долл и сейчас создаёт совместное производство. Первые автомобили на этих аккумуляторах будут произведены в 2025 году.
- Специалисты Токийского научного университета разработали для натрий-ионной батареи анод из твердого углерода, который способен увеличить плотность энергии выше уровня литий-ионных батарей. Благодаря применению твёрдого углерода, полости которого заполнены оксидом магния, плотность энергии натрий-ионного аккумулятора может быть доведена до 1600 Вт\*ч/кг против 1430 Вт\*ч/кг у литий-ионных аккумуляторов.

### Электромобили

- Компания Hyundai представила платформу для беспилотных автомобилей Electric-Global Modular Platform (E-GMP), на которой планируется разработать 23 модели автомобилей. Платформа обеспечивает запас хода до 500 км и быструю зарядку от 0% до 80% за 18 минут.

### Углеводороды

- Инженеры Национального университета Сингапура разработали новый способ преобразования природного газа в твердую форму, которую проще транспортировать и безопаснее хранить. Благодаря применению аминокислоты L-триптофана скорость реакции удвоилась. Теперь весь процесс занимает 15 минут и не требует токсичных веществ, а полученные блоки компактны и могут храниться при температуре -5 °С.

## 2.2.2. Мониторинг технологического развития в мире: авиация и космонавтика

---

### Ракеты-носители

- Компания NewRocket (Израиль) представила ракетные двигатели, которые можно временно выключать, но при этом топливо мало токсично и может долго храниться. Технология топлива была разработана и запатентована израильским учёным Б. Натаном из Израильского технологического института Технион (Хайфа). На основе этого топлива создан ракетный двигатель. Аналогичные двигатели, которые могут быть временно отключены, либо используют высокотоксичное топливо, либо криогенное топливо, хранение которого затруднено.
- Американский стартап Astra запустил ракету, которая достигла скорости 7,2 км/с, преодолев линию Кармана - условную границу космоса. Стартап с численностью сотрудников 100 человек разрабатывает проект ракеты-носителя по заказу Управления перспективных проектов Министерства обороны США (DARPA).
- Компания SpaceX (США) запустила с космодрома им. Кеннеди ракету-носитель Falcon 9, которая вывела на орбиту новую грузовую капсулу Crew Dragon, после чего первая ступень успешно приземлилась на плавучую платформу в Атлантическом океане. Благодаря новой конструкции аппарат вмещает больше груза, может стыковаться с МКС автоматически и способен дольше оставаться на станции. Общая грузоподъемность нового корабля — 2972 кг, которые могут быть размещены как внутри корабля, так и в его внешнем грузовом отсеке. Новый аппарат может оставаться пристыкованным к МКС до 75 дней, в два раза дольше, чем оригинальная модель. В ходе текущей миссии она пробудет на станции 35 дней. Аппарат предназначен для многоразового использования — он сможет совершить по меньшей мере пять рейсов на орбиту.

## 2.2.2. Мониторинг технологического развития в мире: авиация и космонавтика

---

### Выведение космических аппаратов

- Стартап Aevum (США) представил самый тяжёлый полностью автономный БПЛА Ravn X. Беспилотник самолётного типа имеет размах крыльев 18 м, массу 28 т и для взлёта требует ВПП длиной около 1 мили. БПЛА предназначен для запуска на орбиту небольшой ракеты-носителя. Особенность системы - способность выводить ракеты-носители с короткими интервалами на заправку и техобслуживание.

### Система помощи лётчику

- ВВС США испытали самолёт-разведчик, в котором искусственный интеллект выполнял функцию мониторинга и уклонения от ракет ПВО. Самолет-разведчик Lockheed U-2 «Dragon Lady», пилотируемый майором ВВС США с позывным «Вуду», взлетел с базы Бил в Калифорнии. После взлёта алгоритм искусственного интеллекта ARTUμ взял на себя задачу по уклонению от условных ракетных ударов потенциального противника. Цель испытаний - показать способность ARTUμ действовать заодно с пилотом-человеком, выполняя функции, которые освобождают внимание летчика и позволяют ему сосредоточиться на более важных задачах.



## 2.2.3. Мониторинг технологического развития в мире: роботы и беспилотники

---

### БПЛА

- Совершил первый полёт автономный БПЛА MQ-25 от компании Boeing, который предназначен для заправки в воздухе боевых самолётов F/A-18 «Hornet». Ожидается, что это расширит возможности боевого самолёта.
- Компания Titra Technology (Турция) представила БПЛА, созданный на базе обычного вертолёта. Аппарат способен перевозить до 160 килограммов на расстояние до 800-850 километров, на высоте более 4500 метров. Сообщается, что проект осуществлен в сотрудничестве с белорусской инженерной фирмой.
- Инженеры из Университета штата Колорадо (США) сделали захват для дрона, позволяющий ему зацепиться за ветку или другой подобный объект и выключить двигатели для экономии энергии. В отличие от других подобных разработок, новый захват активируется пассивным образом без мотора — за счет бистабильной конструкции и силы столкновения с объектом, который нужно зажать.
- Корейские инженеры разработали крыло для орнитоплера, которое имитирует особенности конструкции крыльев жуков-носорогов. Благодаря наличию подвижного узла, расположенного на передней кромке, и способности упруго сгибаться и распрямляться биомиметическое крыло позволяет смягчать удары о препятствия. Дрон с такими крыльями может продолжать стабильный полет и не падать даже в случае соударений кончиками крыльев с окружающими предметами.

## 2.2.3. Мониторинг технологического развития в мире: роботы и беспилотники

---

### Сухопутные роботы

- Калифорнийский стартап Zoox, купленный Amazon в начале 2020 года, представил электрический беспилотный микроавтобус, не имеющий кабины водителя. В 2018 году Zoox одним из первых получил разрешение от Департамента транспорта Калифорнии на тестирование беспилотных автомобилей со страхующим водителем, а осенью 2020 году одним из первых получил разрешение на тестирование беспилотников без водителя. Теперь создана новая компоновка микроавтобуса, способного двигаться в обе стороны.
- Американский стартап Nuro Inc первым получил разрешение Департамента автотранспорта Калифорнии на эксплуатацию в городской среде автономных транспортных средств для доставки товаров. Nuro с 2017 года могла проводить испытания беспилотных автомобилей, но в них для подстраховки должен был присутствовать водитель. В апреле компания получила разрешение на тестирование беспилотников без водителей.

### Сервисные роботы

- Компания Moley Robotics представила коммерческую версию роботизированной кухни. Автоматизированная машина готовит с нуля — система достаёт продукты из холодильника, делает завтраки, обеды и ужины, а затем сама проводит уборку. Система крепится к потолку и состоит из двух роботизированных манипуляторов, которые могут доставать продукты из холодильника, распаковывать их, использовать обычную посуду и кухонные приборы. Как человек, машина регулирует температуру варочной поверхности, взаимодействует с сенсорными панелями и использует раковину для грязной посуды. При разработке программного обеспечения была изучена техника работы трёх известных поваров. Полный комплект роботизированной кухни стоит 330 тыс долл.

## 2.2.4. Мониторинг технологического развития в мире: информационно-коммуникационные технологии

---

### Новые материалы для микропроцессоров

- Специалисты MIT продемонстрировали возможность замены кремния на сплав арсенида индия-галлия (InGaAs) при производстве транзисторов. Транзисторы из InGaAs могут быстро обрабатывать сигналы, функционировать при относительно низком напряжении и потенциально способны повысить производительность компьютеров. Однако до сих пор возможности применения этого сплава ограничивались ухудшением свойств при малых размерах транзистора. В новом исследовании MIT было показано, что это ограничение может быть снято при повышении частоты тока выше 1 ГГц.

### Нейроинтерфейс

- Французский стартап NextMind начал принимать заказы на неинвазивный нейроинтерфейс Dev Kit, который крепится к затылку человека, считывает активность мозга и позволяет управлять электронной техникой. В комплект Dev Kit входит само устройство — NextMind Sensor, алгоритмы для преобразования нейронных сигналов NextMind Engine и ресурсы NextMind SDK. Базовые приложения позволяют писать музыку, играть в игры и управлять компьютером и телевизором.

### Использование биологических объектов в электротехнике

- Команда ученых Вашингтонского университета разработала метод использования усиков мотылька для выявления в воздухе химических веществ. Бражник табачный (*Manduca sexta*) помещается в холодильник, после чего у него отделяют усики-антенны и подключают их к прибору, который может считать биологические сигналы. Срок работы усиков мотылька составляет 4 часа, но его можно увеличить за счёт их замораживания.

## 2.2.5. Мониторинг технологического развития в мире: медицина и биотехнологии

---

### Генная инженерия

- Ученые из Кембриджского университета, Университета Питтсбурга и Института зрения в Париже представили результаты клинических испытаний метода лечения наследственной оптической нейропатии Лебера (LHON), которая является генетическим заболеванием. В ходе клинических испытаний, 37 пациентов получили инъекцию вирусного вектора с модифицированной комплиментарной ДНК гAAV2/2-ND4 в заднюю часть стекловидного тела одного глаза и инъекцию плацебо во второй глаз. 78% пациентов стали видеть лучше на оба глаза. Эффект сохранялся через 2 года после инъекции.
- Ученые из Орегонского университета опубликовали результаты 10-летнего исследования последствий применения генной инженерии на генетически модифицированных обезьян и их потомство. Некоторые наследственные заболевания связаны с неправильной работой митохондрий, поэтому ученые разработали метод для их замены на здоровые донорские митохондрии на стадии оплодотворенной яйцеклетки. У всех пяти приматов, рожденных в 2009 году, было нормальное развитие, фертильность и старение. Ровно такие же результаты ученые наблюдают и у их потомства.
- Учёные из Аризонского университета разработали метод генной модификации Т-киллеров таким образом, чтобы они уничтожали патогенные Т-клетки, провоцирующие сахарный диабет первого типа. В ходе экспериментов на моделях мышей с диабетом, но без ожирения Т-клетки полностью уничтожили патогенные иммунные клетки, атаковавшие поджелудочную железу и провоцировавшие сахарный диабет.

## 2.2.5. Мониторинг технологического развития в мире: медицина и биотехнологии

---

### Омоложение организма

- Ученые из Стэнфордского университета выявили белок, блокировка которого привела к восстановлению силы и выносливости у пожилых мышей до уровня молодых особей. В пожилом возрасте и у мышей, и у людей значительно возрастает концентрация белка 15-PGDH, который регулирует уровень молекул простагландина E2, которые в свою очередь необходимы для восстановления поврежденных мышечных волокон. При блокировке белка 15-PGDH у пожилых мышей их физическая сила возросла за месяц на 15%-20%.

### Онкология

- Американские учёные представили метод лечения лимфом (злокачественных опухолей, которые развиваются в лимфоцитах - клетках иммунной системы). В отличие от традиционных методов в новой терапии поражаются не все лимфоциты, а только поражённые опухолью. Учёные взяли за основу клетки иммунной системы NK-92MI и модифицировали их таким образом, чтобы они реагировали на рецепторы, характерные для лимфом. Введённые в клеточные культуры «перепрограммированные» клетки уничтожили поражённые опухолью лимфомы, но почти не трогали здоровые лимфоциты. В ходе экспериментов над мышами пришлось добавлять дополнительные молекулы, которые направляли введённые клетки в костный мозг, что позволило существенно замедлить развитие заболевания у мышей.
- Исследователи из Университета Томаса Джефферсона удвоили эффективность одного из методов терапии рака печени. В существующем методе в сосуды печени вводятся специальные радиоактивные микросферы, которые обеспечивают целевое облучение опухоли. В новой разработке, за счёт дополнительного введения микропузырьков газа в липидной оболочке в печень и их разрыва при помощи ультразвука удалось удвоить долю пациентов с положительным развитием лечения. После экспериментальной терапии, пациенты жили дольше и реже нуждались в повторных курсах облучения.

## 2.2.5. Мониторинг технологического развития в мире: медицина и биотехнологии

---

### Прочее

- Коллектив учёных из Китая и Франции продемонстрировал на мышах метод борьбы с болезнью Альцгеймера при помощи молекулы TDMQ20, которая извлекает медь из амилоидных бляшек и вводит ее в те структуры мозга, где она необходима для нормальной работы. Эксперименты на моделях мышей показали, что при пероральном введении такая терапия подавляет потерю памяти — главный симптом прогрессирующей нейродегенерации.
- Группа ученых из Федеральной политехнической школы Лозанны (Швейцария) разработали технологию борьбы с вирусом гриппа на основе модификации молекулы сахара. Новая молекула имитирует клеточную мембрану, чем приманивает к себе вирус. После соединения с вирусом, изменённая молекула сахара локально сжимает и разрушает его. Ученые протестировали молекулы вместе с несколькими видами штаммов человеческого и птичьего гриппа на образцах клеточных культур и моделях мышей. В ходе экспериментов на образцах клеточных культур и моделях мышей, было доказано подавление вируса и повышена выживаемость мышей.
- Специалисты из Технического института Джорджии (США) разработали метод лечения глаукомы. Она развивается из-за затруднения оттока внутриглазной жидкости и повышения внутриглазного давления, что приводит к повреждению глазного нерва. Разработанная терапия предполагает введение в глаз природного полимера — гиалуроновой кислоты, которая попадает в супрахороидальное пространство, образует вязкий, но не токсичный гидрогель, способный удерживать канал широко открытым, позволяя тем самым вытекать внутриглазной жидкости. Для этой процедуры используется игла длиной менее миллиметра, а весь процесс ввода инъекции занимает несколько минут. В ходе проведенных на кроликах опытах было установлено, что эффект одной инъекции длится четыре месяца.

---

тема номера:

## **3. Водородная энергетика: технологии, политика и перспективы**

## 3.1. Предпосылки развития водородной энергетики

---

### Технологические

- Радикальное сокращение стоимости солнечной энергетики.
- Водород потенциально может использоваться для балансировки пиков производства и потребления электроэнергии, вырабатываемой возобновляемыми источниками энергии.

Один из барьеров развития возобновляемых источников энергии - несовпадение пиков производства энергии с пиками потребления. Эта проблема может решаться двумя способами. Во-первых, можно оставить резервные мощности ТЭС, что приводит к снижению эффективности их работы и сохранению значительных выбросов парниковых газов и других вредных веществ. Во-вторых, можно создать крупные аккумуляторные мощности промышленного масштаба. В этом случае дают о себе знать слабые стороны современных аккумуляторов. Из-за высокой чувствительности к глубокому разряду приходится создавать значительные неиспользуемые резервы мощностей. А высокая чувствительность к температуре эксплуатации ставит вопрос о создании систем отопления и охлаждения АКБ.

Использование водородного топлива является альтернативным способом формирования запасов энергии и покрытия пиков потребления.

- Возможность транспортировать водород как по трубопроводам, так и в закрытых ёмкостях, что позволяет обеспечить чистой энергией малые удалённые объекты без необходимости прокладки ЛЭП.
- Возможность заменить водородом угольный кокс, который является относительно грязным видом топлива.
- Возможность применения водорода в топливных элементах, что позволяет занять свою нишу в конкуренции с АКБ на электромобилях.
- Перспектива применения водорода в химической промышленности и для производства синтетического топлива.



## 3.1. Предпосылки развития водородной энергетики

---

### Политические

- Достижение климатической или углеродной нейтральности и выполнение обязательств, взятых в рамках Парижского соглашения, которое имеет целью удерживать глобальное потепление на уровне ниже 2 градусов и, если возможно, ограничить его 1,5 градусами.
- В процессе глобального энергетического перехода войти в число лидеров, а не оказаться аутсайдером будущей глобальной энергетики. В Водородной стратегии ЕС отмечается, что “Европа является высоко конкурентоспособной в производстве экологически чистых водородных технологий и имеет хорошие возможности для получения выгод от глобального развития чистого водорода как энергоносителя”.
- За счёт возможности производить водород из воды с применением электроэнергии генерация водорода может быть децентрализованной, что подрывает возможности монополизации энергетического рынка.

### Экономические

- Развитие новых отраслей, перестройка энергетики во время экономического кризиса, когда высвобождается труд и капитал, которые в новых условиях могут найти применение в новых отраслях. Вероятно, именно такие решения явились причиной принятия водородных стратегий в Европе и создания консорциума "Технологическая водородная долина" в России в 2020 году.

## 3.2. Существующие программы развития водородной энергетики

---

В 2020 году был принят ряд документов, направленных на развитие водородной энергетики:

- Водородная Стратегия ЕС, которая предполагает ввод в эксплуатацию по крайней мере 6 ГВт возобновляемых водородных электролизеров в ЕС к 2024 году и 40 ГВт возобновляемых водородных электролизеров к 2030 году и производство на них 10 млн т «возобновляемого» водорода в год. В стратегии предложен план «2 × 40» - создание 40 ГВт мощности электролизеров к 2030 году, плюс еще 40 ГВт в Северной Африке и Украине.
- Предполагается, что «до 2050 г. технологии получения возобновляемого водорода должны достигнуть зрелости и широко использоваться вплоть до секторов, которые трудно декарбонизировать где использование других методов невозможно или слишком дорого».
- Водородная стратегия ЕС основана на снижении стоимости производства зеленого водорода в Европе, которая в настоящее время составляет от 2,5 до 5,5 евро за кг, до 1,1–2,4 евро за кг к 2030 году.
- По оценке BloombergNEF к 2050 году “зеленый” водород будет доступен по цене от 0,8 до 1,0 долл/кг.
- Французская «Национальная стратегия развития безуглеродного водорода» предполагает установку 6,5 ГВт электролизёров до 2030 года. На реализацию стратегии Французское правительство выделит 7 млрд евро до 2030 года .
- «Национальная водородная стратегия» ФРГ предполагает строительство электролизёров общей мощностью до 5 ГВт до 2030 года, которые будут снабжаться от морских и наземных ВИЭ. Они смогут вырабатывать до 14 ТВт\*ч экологически чистого водорода, для чего будет затрачиваться до 20 ТВт\*ч возобновляемой электроэнергии в год. Ещё 5 ГВт электролизёров будут построены до 2035 года.
- Министерство энергетики США представило План своей водородной программы, который предусматривает поддержку НИОКР и создание демонстраторов масштабируемых технологий в сфере водородной энергетики.

### 3.3. Некоторые свойства водородного топлива

---

- Водород почти не содержится в чистом виде в природе, поэтому его необходимо синтезировать искусственно, что энергозатратно.
- В настоящее время водород в основном производится из ископаемого топлива (угля, природного газа, нефти и т. д.) на основе технологий, которые выделяют большое количество парниковых газов.
- Водород может быть получен путем электролиза воды с использованием электроэнергии, произведённой безуглеродной энергетикой. В этом случае водород называют безуглеродным, поскольку ни при его производстве, ни при его использовании не выделяется углекислый газ.
- Водород несет в три раза больше энергии на единицу веса, чем бензин, дизельное топливо или авиационное топливо.
- Количество энергии, содержащейся в водороде на единицу объема в 4 раза меньше, чем у природного газа при прочих равных условиях.
- КПД топливных элементов достигает 60%. Топливные элементы могут работать в обратном направлении, запасая энергию, как и аккумуляторы, но с меньшей эффективностью, чем специализированные электролизёры.
- Водород можно перекачивать с той же скоростью, что и жидкие углеводороды. И он горит при такой же температуре, как и природный газ.
- Топливные элементы и другое оборудование, предназначенное для использования водорода, имеет множество движущихся деталей, требующих обслуживания, что удорожает применение водорода.
- Водород ускользает через малейшие щели и трещины, что в купе с высокой взрывоопасностью требует более высоких стандартов безопасности, чем в случае использования природного газа.

## 3.4. Технологии производства чистого водорода

---

### Электролиз

- Исходное сырьё - вода, которая в определённых условиях под действием электрического тока распадается на водород и кислород.
- Водородное топливо, произведённое методом электролиза, считается “чистым” водородом т.к. в процессе его производства и потребления нет выбросов углекислого газа. В проектах декарбонизации часто подразумевается, что “чистый” водород производится с использованием ВИЭ, хотя производство и утилизация фотоэлементов для солнечной энергетики отнюдь не являются экологически чистыми.
- В силу высокой энергоёмкости электролиз является одним из наиболее дорогих методов промышленного производства водорода. Однако считается возможным сокращение энергоёмкости и себестоимости такого производства за счёт эффекта масштаба.
- Вероятна установка электролизёров рядом с крупными электростанциями, использующими возобновляемые источники энергии. В этом случае возникает задача транспортировки произведённого водорода.
- Электролиз рассматривается как одна из предпочтительных технологий в современных водородных стратегиях. В Водородной стратегии ЕС сообщается, что за период с ноября 2019 года по март 2020 года масштаб предполагаемого ввода электролизёров увеличился с 3,2 ГВт до 8,2 ГВт к 2030 году (из которых 57% в Европе).
- Промышленная группа «Водородная Европа» (Hydrogen Europe) в своем исследовании «Инициатива 2x40 ГВт» утверждает, что электролизеры гигаваттной мощности, установленные вблизи ветровых и солнечных электростанций, смогут конкурировать с производителями низкоуглеродного водорода (1,5–2 евро/кг) к 2025 году и «серого» водорода, производимого из органического топлива без улавливания CO<sub>2</sub> (1–1,5 евро/кг), — к 2030 году.

## 3.4. Технологии производства чистого водорода

---

### Пиролиз и другие методы получения водорода из органических веществ без доступа кислорода

- Пиролиз предполагает разложение органических веществ при помощи термической обработки. Водород, полученный методом пиролиза, в европейской терминологии называют “бирюзовым” водородом.
- Такие методы обладают повышенной взрывоопасностью, из-за высоких температур и использования легковоспламеняемых газов.
- Паролиз имеет умеренную энергоёмкость и не нуждается в системе улавливания парниковых газов.
- В качестве исходного сырья могут использоваться сельскохозяйственные и пищевые отходы, из которых при помощи специальных бактерий образуется синтез-газ, в основном состоящий из двуокиси карбона и метана. Продуктом переработки таких отходов и становится водород.
- Возможен вариант крекинга метана. Сжиженный метан нагревается до температуры 1000-1400 °С, после чего газ начинает разлагаться на водород и углерод.
- Иной метод предполагает, что природный газ пропускают через расплавленную щелочь или металл. При этом, в качестве побочного продукта образуется сажа.
- В последнее время обсуждаются проекты производства водородного топлива из природного газа. Производимый при этом твёрдый углерод (сажа) не является токсичным отходом и его можно относительно легко захоранивать.
- Согласно данным ПАО «Газпром», для получения 1 куб. м водорода методом пиролиза метана требуется 0,7–3,3 кВт·ч электроэнергии, а электролиза — 2,5–8 кВт·ч, то есть почти втрое больше.

## 3.5. Технологии потребления водородного топлива

---

### Сухопутный транспорт

- На рынке представлены три коммерческие водородные модели: Toyota Mirai, Hyundai Nexo и Honda Clarity. Представленные модели сопоставимы с электромобилями с аккумулятором (BEV) по запасу хода и массе. У названных водородных автомобилей вдвое меньшее ускорение и меньшая максимальная скорость. Цена автомобилей на водородном топливе 20% выше, чем у аналогичного электромобиля.
- В настоящее время эксплуатируется менее 20 тысяч автомобилей с водородными топливными элементами (H2FC), которые обслуживаются примерно 400 водородными заправочными станциями.
- Найти электричество для заправки проще, чем водород.
- Для прохождения легковым автомобилем 100 км требуется 15 кВт\*ч движущей энергии. Для BEV, принимая во внимание потери в сети, цикле аккумуляторной батареи и трансмиссии, это означает необходимость выработки 25 кВт\*ч первичной энергии на электростанции. Для автомобиля H2FC с учетом потерь при электролизе, сжатии, транспортировке, хранении и обратном преобразовании водорода требуется не менее 50 кВт\*ч первичной энергии. Таким образом, использование водородного топлива приводит к снижению эффективности всей системы.
- По расчётам BloombergNEF, любой колёсный транспорт, который обычно не проезжает более 300 миль без остановки, будет более эффективен в виде электромобиля, чем на водородном топливе.

## 3.5. Технологии потребления водородного топлива

---

### Авиация и судоходство

- По оценкам BloombergNEF, электросамолёты могут быть эффективны для малой авиации при полётах на расстояния до 800 км.
- На морском транспорте применяются паромы на электрической тяге, однако низкая плотность энергии батарей затрудняет обслуживание маршрутов длиннее 75 км.
- Для более длинных маршрутов воздушного и морского транспорта в качестве топлива может использоваться либо водород, либо производное от него топливо, например: метанол, аммиак или спирты.

### Химическая промышленность

- Водород используется в качестве химического сырья на нефтеперерабатывающих заводах, при производстве аммиака и в ряде других производств. Если “зеленый” водород может производиться по цене, конкурентоспособной с “серым”, как это предусмотрено Европейской водородной стратегией, то выбросы CO<sub>2</sub> в ЕС сократятся на 2,2%.

### ЖКХ

- На горячую воду и отопление приходится 6% мировых выбросов углекислого газа, которых можно избежать за счёт использования “безуглеродного” водорода.
- По оценке BloombergNEF, даже если “зеленый” водород будет доступен к 2050 году по самой низкой цене в 0,8 долл/кг, то для конкуренции с европейским газом цена за выбросы CO<sub>2</sub> должна составить 47 евро за тонну.

### Электроэнергетика

- Водород может использоваться для накопления энергии с целью балансирования производства и потребления электроэнергии. Помимо ВИЭ с нестабильным уровнем генерации электроэнергии, возможно запастись энергией в форме водородного топлива при крупных АЭС и ГЭС, которые работают на стабильном уровне.

## 3.6. SWOT-анализ

Сильные стороны	Слабые стороны
<ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Потенциально более экологически чистая технология, чем аккумуляторы.</li><li><input type="checkbox"/> Возможность применять в дальних маршрутах на транспорте, для доставки энергоносителей в труднодоступные места и т.д.</li><li><input type="checkbox"/> Отсутствие чувствительности к глубокому разряду и, до известных пределов, к температурному режиму.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> По сравнению с электроэнергией, для производства водородного топлива должны быть совершены дополнительные технологические преобразования, что повышает себестоимость энергии.</li><li><input type="checkbox"/> Взрывоопасность водорода. Потребность в более высоких мерах безопасности, чем для природного газа.</li><li><input type="checkbox"/> Распределение электроэнергии на последней миле дешевле и безопаснее, чем распределение водорода на последней миле.</li></ul>
Возможности	Угрозы
<ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Значительные меры государственной поддержки.</li><li><input type="checkbox"/> Удешевление электроэнергии, полученной от ВИЭ, спрос на накопители энергии для сглаживания суточных и сезонных пиков потребления электроэнергии.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Сетевой эффект. Потребность в создании критической массы инфраструктуры, инвестиций, необходимость выработки единых стандартов в области техники и подготовке обслуживающего персонала.</li><li><input type="checkbox"/> Необходимость выстроить рыночную инфраструктуру для взаимодействия разных экономических агентов.</li><li><input type="checkbox"/> Потребность в разработке правовой базы.</li></ul>



## 3.7. Российские проекты

---

### Государственная программа

- Опубликовано Распоряжение Правительства от 12 октября 2020 года № 2634-р «Развитие водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 года». Цель программы - “организация первоочередных работ по формированию в Российской Федерации высокопроизводительной экспортоориентированной области водородной энергетики, развивающейся на основе современных технологий и обеспеченной высококвалифицированными кадрами”.
- Программа предусматривает разработку опытных образцов и создание демонстраторов водородных технологий.

### Бизнес и научные организации

- Шесть научных учреждений России объединились в консорциум "Технологическая водородная долина". Участники консорциума будут вести совместные разработки технологий по всей "водородной цепочке": от технологий его получения до использования
- Обсуждается возможность производства водородного топлива из природного газа. Возможные участники проектов - Газпром и Росатом.
- Предлагается использовать существующую газотранспортную сеть для экспорта водорода в страны Европы. Однако для прокачки водорода или метаново-водородной смеси требуются более высокие стандарты качества газотранспортной инфраструктуры и более дорогостоящие компрессорные и газораспределительные станции.

## 3.8. Выводы

---

По результатам проведённого анализа можно сделать следующие выводы

- Большую роль в развитии технологий и применения водородного топлива играет поддержка государства.
- Водородное топливо уступает аккумуляторам для в транспортной сфере для коротких дистанций, но имеет преимущество для больших расстояний. Главным образом это относится к авиации и морским перевозкам.
- Водород может использоваться в электроэнергетике для балансировки пиков производства и потребления электроэнергии.
- Электроэнергия может генерироваться как с использованием ВИЭ, так и на основе АЭС или ГЭС. В первом случае использование водородного топлива позволит балансировать неравномерное производство и потребление электроэнергии. Во втором случае АЭС или ГЭС, работая в равномерном режиме, способны в периоды снижения спроса на электроэнергию обеспечивать производство водородного топлива, которое потом может быть использовано для покрытия пиков спроса на электроэнергию.
- Вероятно, будут прорабатываться проекты применения синтетического топлива с оптимальными свойствами для каждого направления использования.

## Использованные сокращения

---

- 5G – технологии беспроводной связи пятого поколения;
- MIT – Массачусетский технологический институт;
- АКБ – аккумуляторная батарея;
- АЭС – атомная электростанция;
- БПЛА – беспилотный летательный аппарат;
- ВВС США – Военно-воздушные силы Соединённых Штатов Америки;
- ВПП – взлётно-посадочная полоса;
- ВИЧ – вирус иммунодефицита человека;
- ВИЭ – возобновляемые источники энергии;
- ГК – государственная корпорация;
- ГЭС – гидроэлектростанция;
- ЖКХ – жилищно-коммунальное хозяйство;
- ИИ – технологии искусственного интеллекта;
- ИКТ – информационно-коммуникационные технологии;
- ИПХФ – Институт проблем химической физики РАН;
- КПД – коэффициент полезного действия;
- ЛЭП – линии электропередач;
- МКС – международная космическая станция;
- ПВО – противовоздушная оборона;
- РХТУ – Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева;
- Сколтех – Сколковский институт науки и технологий;
- СМИ – средства массовой информации;
- ТЭС – тепловая электростанция;
- ЯЭДУ – ядерная энергетическая двигательная установка.

## Использованные источники

---

### □ Новостные сайты

russiandrone.ru; vedomosti.ru; aviation21.ru; rbc.ru; refnews.ru; nangs.org; roscosmos.ru; ria.ru; rostec.ru; proryv2020.ru; atomic-energy.ru; sk.ru; minenergo.gov.ru; nplus1.ru; robo-hunter.com; robogeek.ru; topwar.ru; tass.ru; techfusion.ru; rusnano.com; popmech.ru; rb.ru; web-canape.ru; nag.ru; cnews.ru; kommersant.ru; hi-news.ru, hightech.fm, hightech.plus, i-mash.ru, interfax.ru, mashportal.ru, rg.ru; phys.org; fortune.com; news.tpu.ru; naked-science.ru и др.

### □ Информационно-аналитические материалы

- BloombergNEF. Liebreich: Separating Hype from Hydrogen – Part One: The Supply Side. URL: <https://about.bnef.com/blog/liebreich-separating-hype-from-hydrogen-part-one-the-supply-side>
- BloombergNEF. Liebreich: Separating Hype from Hydrogen – Part Two: The Demand Side. URL: <https://about.bnef.com/blog/liebreich-separating-hype-from-hydrogen-part-two-the-demand-side>
- Зам.главы «Газпрома» предложил смешивать природный газ с водородом. URL: <https://www.rbc.ru/economics/05/10/2018/5bb7433f9a7947cef31efe22>
- Производство водорода: технологии и перспективы в России. URL: <https://biznesprost.com/otkryt-biznes/proizvodstvo-vodoroda.html>
- Чистый водород из природного газа. URL: <https://www.gazprom.ru/press/news/reports/2020/pure-hydrogen/>

## Использованные источники

---

- Стратегии развития водородной энергетики
- Распоряжение Правительства Российской Федерации от 12 октября 2020 г. № 2634-р «Развитие водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 года».
- A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe. URL:  
[https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen\\_strategy.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf)
- Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France. URL:  
<https://www.economie.gouv.fr/presentation-strategie-nationale-developpement-hydrogene-decarbone-france#>
- Die Nationale Wasserstoffstrategie. URL:  
[https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=12](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=12)

---

**Автор обзора:**

**Артёменко Владимир, эксперт,  
avg@forecast.ru**