Federal Ministry
for the Environment, Climate Action,
Nature Conservation and Nuclear Safety

IKI INTERNATIONAL CLIMATE INITIATIVE

ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ВОДОЙ, ЭНЕРГИЕЙ И ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕМ
Системные решения для климатически устойчивой Центральной Азии

ИННОВАЦИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ: мировой опыт

Часть 21



Ташкент 2026

НИЦ МКВК
Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной
водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Инновации в энергетике: мировой опыт

Часть 21

Ташкент 2026

Подготовлено и издано при финансовой поддержке проекта «Региональные механизмы для низкоуглеродной и климатоустойчивой трансформации взаимосвязи энергии, воды и земли в Центральной Азии», реализуемого ОЭСР, НИЦ МКВК и ЕЭК ООН за счет средств Федерального министерства окружающей среды, борьбы с изменением климата, охраны природы и ядерной безопасности (BMUKN) в рамках Международной климатической инициативы (IKI)

Содержание

Основные источники электроэнергии по странам 5

Возобновляемая энергетика 7

Ветроэнергетика 7

Лопасти переросли дороги: для ветроэнергетики разрабатывают самолёт длиной 109 метров 7

Исследование показало негативное влияние ветряных турбин на зону обнаружения РЛС 10

Сколько птиц погибает от морских ветряных турбин? 10

В Германии построили самую высокую в мире ветряную электротурбину 12

Китайские учёные научились превращать старые лопасти ветряков в графен и карбид кремния 14

В Китае испытали летающую ветроэлектростанцию на высоте 4 километров 15

Солнечная энергетика 17

Созданы фотоэлементы для работы на глубинах до 10 метров под поверхностью океана 17

Гибкие солнечные панели превращают вышки связи в источники возобновляемой энергии 19

В Австралии 48-этажный небоскреб превратили в солнечную электростанцию 21

Новое покрытие делает стекло солнечных панелей в 7 раз прочнее и на 40% легче 23

Традиционная энергетика 25

Гидроэнергетика способствует интеграции возобновляемых источников энергии 25

Почему горным странам необходимо пересмотреть свои планы развития гидроэнергетики? 30

Цифровые плотины: как нейросети меняют работу ГЭС 35

ГАЭС предложили приравнять к стратегической инфраструктуре 37

Вода против штиля: зачем новой энергетике понадобились ГЭС и ГАЭС 39

Системы хранения энергии 43

Четырёхчасовые накопители энергии дешевле пиковых газовых электростанции — Wood Mackenzie 43

В основе новых эффективных и дешевых батарей лежит обычная соленая вода с отбеливателем 45

Самый ёмкий в мире «аккумулятор» на сжатом углекислом на 1000 МВт·ч рассчитан на 30 лет работы, а КПД превышает 92% 46

Новый электролит для натриевой батареи сохранил 90% емкости после 1000 циклов 48

Инновационные решения в энергетике 50

Начались функциональные испытания первой системы накопления энергии на маховике 50

Новый подход преобразует в электричество 90% энергии морских волн 51

Ученые создали обои, вырабатывающие электричество из влаги в воздухе 52

В Канзасе построят крупнейшую в мире систему хранения энергии в углеродных блоках 54

На дне Тихого океана испытали электростанцию, работающую на тепле вулкана 55

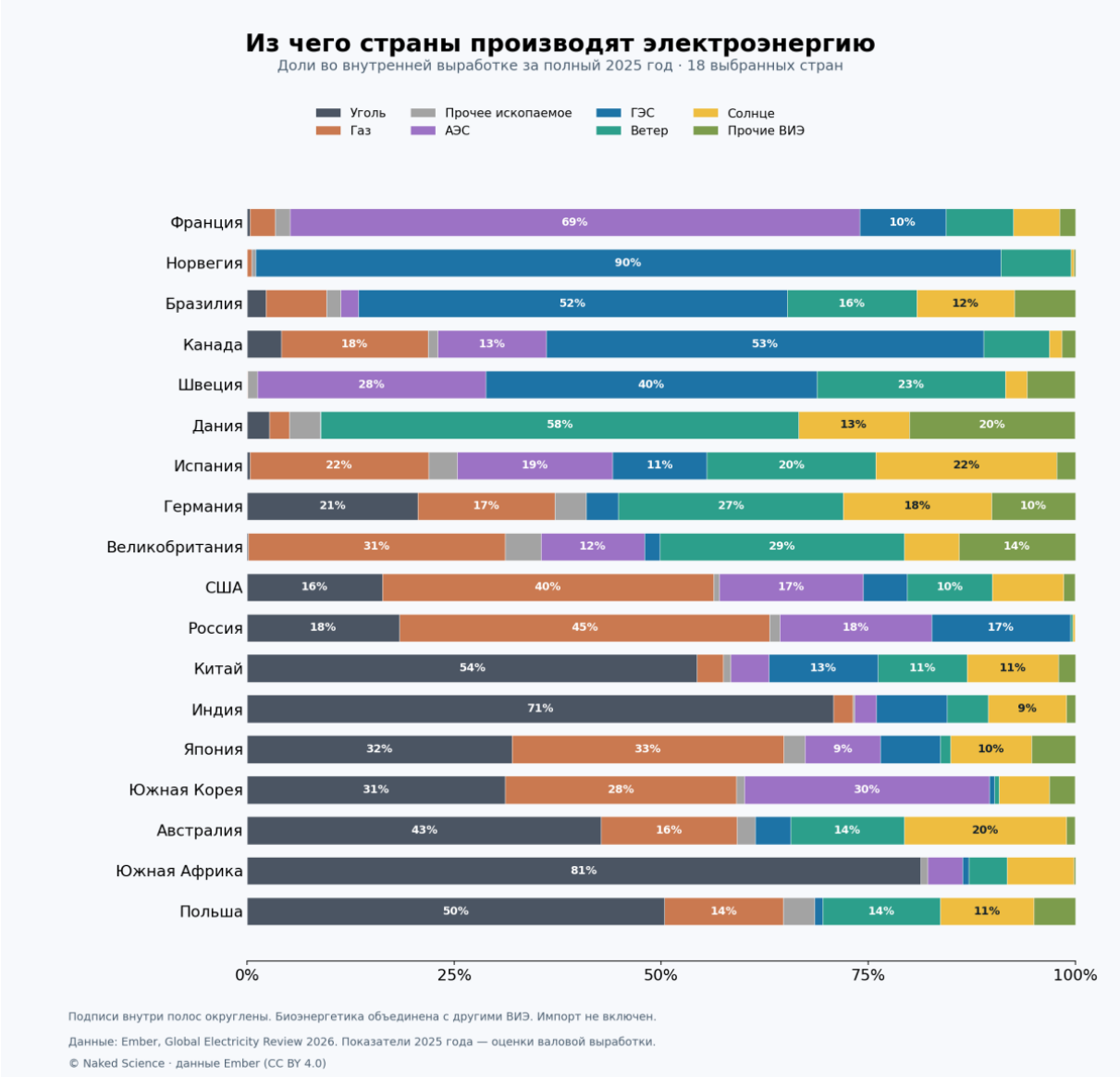
В Китае запустили крупнейшую в мире систему накопления энергии на основе сжиженного воздуха мощностью 60 мегаватт 57

В Китае запущена первая в мире система электропитания постоянного тока 800 В для дата-центров ИИ 59

Испытан первый в мире полупроводниковый модуль на мегаватт коммутируемой мощности 60

Основные источники электроэнергии по странам[1]

Франция опирается на атомную энергетику, Норвегия – на гидроэлектростанции, а в Китае и Индии крупнейшим источником остается уголь. Сравниваем структуру выработки в 18 странах по данным Ember за полный 2025 год.



Структура выработки электроэнергии в 18 странах в 2025 году данные Ember, Global Electricity Review 2026

[1] Источник: https://naked-science.ru/community/1222628 Опубликовано 21.10.2026

Энергетический аналитический центр Ember опубликовал новый обзор планов развития накопителей электроэнергии. Совокупные цели стран на 2030 год приблизились к 822 гигаваттам, но остаются ниже глобального обязательства в 1500 гигаватт. На этом фоне годовые данные центра показывают, насколько по-разному устроена генерация в крупнейших и наиболее характерных энергосистемах.

Инфографика подготовлена по набору Global Electricity Review 2026, который Ember опубликовал вместе с обзором 21 апреля. Для сравнения выбраны 18 стран и один период – полный 2025 год. Каждая полоса показывает доли источников во внутренней выработке электроэнергии, а не в установленной мощности электростанций или во всем потреблении энергии страной.

Особенно заметны различия между Францией и Норвегией. Во Франции атомные электростанции обеспечили 68,79% выработки, в Норвегии на гидроэнергетику пришлось 90,03%. ГЭС также дали больше половины электроэнергии Канады – 52,84% – и Бразилии – 51,78%. В Дании крупнейшим источником оказался ветер: его доля составила 57,69%.

В России на газ пришлось 44,70%, на уголь – 18,40%, на атомную энергетику – 18,33%, на ГЭС – 16,74%. В США газ обеспечил 39,99% выработки. В Китае крупнейшим отдельным источником оставался уголь с 54,35%, хотя суммарная доля солнца и ветра достигла 21,81%. В Индии уголь обеспечил 70,82%, а в Южной Африке – 81,36% электроэнергии.

Доли характеризуют структуру, а не размер рынка. Небольшая по абсолютной выработке страна может иметь очень высокую долю одного источника; крупная энергосистема – производить больше электроэнергии тем же способом, но отводить ему меньшую часть общего объема. Для сравнения размеров генерации нужны отдельные значения в тераватт-часах.

В расчет включены уголь, газ, прочее ископаемое топливо, атомная, гидро-, ветровая и солнечная генерация. Биоэнергетика и другие возобновляемые источники объединены в одну полосу. Готовые агрегаты вроде всей возобновляемой или всей низкоуглеродной генерации повторно не добавлялись: иначе одна и та же электроэнергия была бы посчитана дважды.

Данные за 2025 год в обзоре представляют оценки валовой выработки, подготовленные на основе месячных сведений и последних годовых показателей. Ember указывает, что часть статистики предварительная и может пересматриваться. Там, где это возможно, центр также учитывает распределенную солнечную генерацию, которую обычная отчетность не всегда отражает полностью.

В глобальном масштабе возобновляемые источники в 2025 году обогнали уголь: их суммарная доля составила 33,8% против 33,0%. Рост солнечной генерации обеспечил около трех четвертей чистого увеличения мирового спроса на электроэнергию. Ископаемая генерация в целом практически не изменилась, сократившись на 0,2%.

«Мы уверенно вступили в эпоху роста чистой энергетики».

Так управляющий директор Ember Адитья Лолла прокомментировал результаты годового обзора. При этом внутри национальных энергосистем сохраняются разные сочетания источников, что и показывает сравнение стран.

Октябрьский отчет рассматривает следующий этап – хранение уже произведенной электроэнергии. По его данным, прирост мощностей накопителей в 2025 году составил 118 гигаватт, включая 108 гигаватт аккумуляторов. Накопители помогают переносить часть солнечной выработки с дневных часов на другие периоды и поддерживать работу сети. Они не добавлены к источникам на инфографике как самостоятельное топливо: заряд поступает от электростанций, уже учтенных в структуре генерации.

Возобновляемая энергетика

Ветроэнергетика

Лопасти переросли дороги: для ветроэнергетики разрабатывают самолёт длиной 109 метров[2]

Рост размеров ветротурбин поставил перед отраслью задачу, которую невозможно решить одним увеличением мощности генераторов: многометровые детали нужно доставить к месту установки. Американская компания Radia разрабатывает для этого самолёт WindRunner, рассчитанный на перевозку лопастей длиной до 105 метров. По замыслу разработчика, он сможет садиться на подготовленные грунтовые полосы рядом с ветропар-

[2] Источник: https://nia.eco/2026/09/18/139250/ Опубликовано 18.09.2026

ками. Ввод машины в эксплуатацию компания намечает на начало 2030-х годов.



Транспортные ограничения непосредственно влияют на выбор оборудования для наземных ветроэлектростанций. Как объясняет Министерство энергетики США, длинные лопасти ограничивают маршруты грузовиков и радиус поворота, вынуждая перевозчиков искать объезды. Для секций башен препятствием становятся габариты мостов и путепроводов. Поэтому подходящий по ветровым условиям участок ещё не означает, что туда можно доставить выбранную турбину.

Стремление увеличивать установки имеет техническое объяснение. Ротор большего диаметра охватывает большую площадь и позволяет использовать больше энергии ветра, в том числе при относительно невысокой его скорости. Высокая башня поднимает установку в воздушные потоки, на которые меньше влияют деревья, здания и другие наземные препятствия. По данным американского энергетического ведомства, средний диаметр ротора новых наземных ветротурбин в США в 2023 году превышал 133 метра.

WindRunner проектируют с учётом необычной формы груза. В опубликованных Radia характеристиках указаны длина самолёта 109 метров, размах крыла 80 метров и объём грузового отсека около 6,8 тысячи кубометров. Максимальная масса полезной нагрузки должна составить 72,6 тонны, дальность с такой загрузкой – около двух тысяч километров. Все эти показатели пока являются проектными.

Для ветроэнергетики принципиальна возможность разместить внутри самолёта длинную цельную лопасть. Огромный грузовой отсек сам по себе не означает рекордной грузоподъёмности: конструкторы решают прежде всего задачу перевозки крупногабаритного оборудования.

По спецификации WindRunner потребуется полоса длиной около 1,8 километра. Возможность использовать грунтовое покрытие позволит приблизить место разгрузки к стройке, однако потребует подходящего участка и подготовки полосы. Таким образом, в проект ветропарка придётся закладывать и авиационную инфраструктуру.

Разработка уже объединила производителей авиационных конструкций и систем. В июле 2026 года Radia сообщила о сотрудничестве с 21 аэрокосмической компанией. При этом область применения самолёта расширяется: помимо энергетики, разработчик рассматривает космическую, промышленную и военную логистику. Коммерческие перевозки лопастей остаются будущим применением машины.

У отрасли есть и другие способы преодолеть ограничения транспорта. Министерство энергетики США описывает исследования более гибких лопастей, способных проходить изгибы автомобильных и железнодорожных маршрутов. Ещё одно направление – изготовление башен непосредственно на месте установки. Среди поддержанных ведомством технологий – спиральная сварка стальных башен и трёхмерная печать бетонных оснований.

Эти разработки меняют не только перевозку, но и организацию строительства: крупные элементы предлагается либо доставлять новым транспортом, либо производить ближе к месту эксплуатации. Выбор зависит от размеров оборудования, доступности площадки и стоимости всей цепочки работ.

Экологический эффект авиадоставки Radia пока оценивает расчётным путём. Компания утверждает, что дополнительная выработка крупных турбин и сокращение количества установок способны компенсировать выбросы, связанные с перевозкой.

Исследование показало негативное влияние ветряных турбин на зону обнаружения РЛС[3]

Недавнее исследование, проведенное в Китае, показало негативное влияние морских ветрогенераторов на работу РЛС. Как оказалось, они формируют так называемые слепые зоны, где могут «спрятаться» потенциальные угрозы.

К примеру, на расстоянии 5 км эффективная зона обнаружения радара сокращается почти на 7%, а слепая зона увеличивается на 15 %. Это означает, что береговые РЛС, осуществляющие контроль движения судов в своих прибрежных водах, могут не заметить вторжение потенциального противника, незаконный рыболовный промысел или разлив нефти.

Как показали результаты исследований, опубликованные в прошлом месяце в китайском журнале Radio Engineering, главная проблема состоит не только в том, что ветрогенераторы частично блокируют радиолокационное излучение. Сочетание затенения, помех, многолучевых отражений и влияния вращающихся лопастей турбин делает картинку на экране радаров размытой.

Еще одну проблему создает так называемое «призрачное отражение» – явление, при котором сигналы от РЛС, отражаясь от кораблей, элементов турбин и поверхности моря, возвращаются на приемник РЛС в искаженном виде или в виде ложных отраженных сигналов.

Сколько птиц погибает от морских ветряных турбин?[4]

Новое исследование, инициированное энергетической компанией Vattenfall, проводилось на крупной морской ветровой электростанции Hollandse Kust Zuid мощностью 1,5 ГВт в сотрудничестве с Wildlife Imaging Systems (WIS) и Wageningen University & Research (WUR).

---

[3] Источник: https://www.techcult.ru/science/16925-vliyanie-vetryanyh-turbin-na-rls Опубликовано 29.09.2026

[4] Источник: https://renen.ru/skolko-ptits-pogibaet-ot-morskih-vetryanyh-turbin/ Опубликовано 5.10.2026

WIS установила 16 тепловизионных камер на морской ветряной турбине, охватывающих все углы и работающих круглосуточно.

Исследователи проанализировали более четырех миллионов перемещений птиц с использованием радаров и камер на базе ИИ. Система обнаруживала и интерпретировала движения птиц днем и ночью, в том числе при плохой видимости во время тумана или дождя.

За почти год мониторинга, охватывающий как весенний, так и осенний сезон миграции, было выявлено 22 возможных столкновения птиц, два из которых были подтверждены, а одно было признано весьма вероятным.

В исследовании не утверждается, что столкновения редки или что эти результаты от одной турбины могут быть применены везде. Основной целью было проверить эффективность технологии в реальных морских условиях.

Предыдущее исследование Немецкой ассоциации морской ветроэнергетики (BWO) также дало аналогичные результаты. Исследователи проанализировали более четырех миллионов движений птиц за полтора года, используя радары и камеры на основе искусственного интеллекта. Они обнаружили, что более 99,8 процента перелетных птиц надежно избегают ветряных турбин.

В 2023 году Vattenfall опубликовала результаты двухгодичного исследования по теме «Птицы и ветровые электростанции», проведенного на офшорной ветровой электростанции Aberdeen Offshore Wind Farm у берегов Шотландии, состоящей из 11 ветрогенераторов. На более чем 10000 видео не было зарегистрировано ни одного столкновения, или даже ситуации, близкой к столкновению, и почти все виды отслеживаемых морских птиц избегали зоны лопастей турбины, регулируя траекторию своего полета.

В 2020 году ученые из Норвегии обнаружили, что окраска одной из трех лопастей ветряной турбины в черный цвет снижает смертность птиц примерно на 72%.

В Германии построили самую высокую в мире ветряную электротурбину[5]

В Германии построили ветряную турбину высотой 365 м – второе по высоте сооружение в стране после Берлинской телебашни. Ожидается, что она будет вырабатывать примерно вдвое больше электроэнергии, чем обычная турбина с таким же диаметром ротора.

В восточной Германии, в поселке Шипкау завершено строительство экспериментальной ветряной турбины высотой 365 м – это второе по высоте сооружение в стране после Берлинской телебашни. Проект разработан инжиниринговой компанией GICON по заказу Федерального агентства прорывных инноваций (SPRIND) и должен проверить, способен ли доступ к более сильным и стабильным высотным ветрам радикально увеличить выработку электроэнергии.



Одна из самых перспективных идей проекта – установка высотных турбин на уже существующих ветряных электростанциях в качестве второго яруса

[5] Источник: https://science.mail.ru/news/58074-samaya-vysokaya-v-mire-vetryanaya-elektroturbina/ Опубликовано 6.10.2026

Скорость ветра растет с высотой, а на больших отметках его порывы становятся ровнее и надежнее. Пилотная модель Schipkau имеет номинальную мощность 3,8 МВт, а будущие версии, как ожидается, превысят 7 МВт. По предварительной оценке компании, турбина может вырабатывать примерно вдвое больше электричества, чем обычная при том же диаметре ротора, – но эту цифру еще предстоит подтвердить в ходе реальной эксплуатации. Речь идет о суммарной выработке за время работы, а не о пиковой мощности.

Чтобы достичь такой высоты, инженеры отказались от традиционного крана. Вместо него применили телескопическую башню: специальный подъемный механизм поднял внутреннюю конструкцию через внешнюю решетчатую оболочку и зафиксировал на нужной отметке.

Высота в 365 метров – важная веха в реализации проекта, который начинался как концепция, а затем превратился в полномасштабный экспериментальный объект.

Одна из самых перспективных идей проекта – установка высотных турбин на уже существующих ветряных электростанциях в качестве второго яруса. Более высокие роторы будут работать над обычными турбинами, которые продолжают вырабатывать энергию внизу. По текущим оценкам, в Германии на действующих площадках можно разместить до четырех тысяч таких генераторов. Это позволит увеличить выработку без расширения территорий, используя готовые сетевые подключения и уже освоенные участки.

Официальное введение в эксплуатацию запланировано на ноябрь, после завершения оставшихся строительных работ. Турбина начнет передавать данные, которые покажут, действительно ли дополнительная высота дает ожидаемый прирост энергии и оправдывает ли выгоды возросшую техническую сложность конструкции.

Китайские учёные научились превращать старые лопасти ветряков в графен и карбид кремния[6]

Исследователи Университета Цинхуа в Китае разработали технологию переработки отслуживших лопастей ветрогенераторов в ценные промышленные материалы – графен и карбид кремния. По расчётам авторов, новый метод позволяет сократить выбросы парниковых газов на 83–92% по сравнению с традиционными способами переработки композитных отходов. Результаты исследования опубликованы в научном журнале Chem Circularity.

Лопасти ветряных турбин изготавливают из прочных композитов на основе стекловолокна и полимерных смол. Эти материалы способны десятилетиями выдерживать серьёзные механические нагрузки и неблагоприятные погодные условия, но после завершения срока службы плохо поддаются переработке. В результате часть демонтированных лопастей отправляется на полигоны.

Китайские специалисты предложили использовать кратковременный электрический нагрев до температуры около 2000°C. Процесс занимает считаные секунды. При этом углерод из полимерной смолы взаимодействует с кремнезёмом стекловолокна с образованием карбида кремния, а часть углерода преобразуется в графен. Оба продукта востребованы при производстве высокопрочных и термостойких материалов.

Эксперименты показали, что полученную смесь можно возвращать в производство композитов, в том числе для новых ветрогенераторов. Добавление всего 0,3% переработанного материала увеличило сопротивление полимерной смолы деформации при растяжении на 27%, а при изгибе – на 9%. При концентрации 0,1% способность материала распространять тепло повысилась на 41%.

По оценке исследователей, выбросы парниковых газов при использовании новой технологии могут быть на 83% ниже, чем при пиролизе, и на 92% ниже, чем при химическом растворении композитов. Экономический расчёт также показал потенциальную прибыль около $80 с тонны отходов благодаря стоимости получаемых материалов. Для сравнения, традиционный пиролиз, по приведённым авторами оценкам, обходится примерно в $460 за тонну, а химическая переработка – в $1800.

---

[6] Источник: https://nia.eco/2026/11/06/149669/ Опубликовано 6.11.2026

При этом речь пока идёт об экспериментальной технологии. Исследователи работают над её масштабированием и поиском промышленных партнёров. Реальные экологические и экономические показатели крупного предприятия ещё предстоит подтвердить.

Разработка может помочь решить одну из проблем возобновляемой энергетики: необходимость утилизации оборудования после завершения его эксплуатации. Авторы также рассматривают возможность применения метода для переработки композитных материалов авиационной, автомобильной и строительной промышленности.

В Китае испытали летающую ветроэлектростанцию на высоте 4 километров[7]

Китайская компания Beijing Linyi Yunchuan Energy Technology испытала необычную ветроэлектростанцию, которая использует ветер на высоте до 4 км. Вместо привычных башен с турбинами она поднимает генерирующее оборудование в воздух с помощью большой платформы, наполненной гелием. О демонстрации системы в городской среде рассказало китайское издание Hunan Online.

Установка называется S4000 Stratosphere Airborne Wind Energy System (SAWES). Она напоминает гигантский дирижабль длиной около 67 м, шириной 40 м и высотой 23 м. Платформа способна поднимать полезную нагрузку массой более тонны, в том числе оборудование для выработки электричества.

В отличие от традиционных ветрогенераторов, закрепленных на высоких мачтах, S4000 использует ветры на больших высотах. Воздушный поток проходит через специальные каналы внутри конструкции и приводит в движение турбины. Полученная электроэнергия поступает на землю по специальному тросу, который одновременно удерживает платформу на заданной высоте.

---

[7] Источник:
https://naukatv.ru/news/v_kitae_ispytali_letayuschuyu_vetroelektrostantsiyu_na_vysote_4_kilometrov
Опубликовано 9.11.2026



Такое решение позволяет отказаться от массивных башен и фундаментов, а также уменьшить площадь земли, необходимую для размещения оборудования. Кроме того, на высоте ветер обычно сильнее и стабильнее, чем у поверхности земли, что потенциально позволяет получать больше энергии.

По данным разработчиков, расчетный срок службы установки составляет 20 лет. Однако пока предстоит проверить, насколько долго конструкция сможет выдерживать сильные порывы ветра, перепады температур и другие нагрузки при регулярной эксплуатации.

Разработке S4000 предшествовала серия испытаний с постепенным увеличением высоты. Ранние версии системы поднимались примерно на 500, 1000, 1500 и 2000 м.

В августе 2026 года установка прошла полный цикл испытаний на северо-западе Китая на высоте 4 км. Специалисты проверили подъем платформы, удержание ее в воздухе, выработку электричества и последующее возвращение на землю.

6 ноября компания провела новую демонстрацию в городе Юэян провинции Хунань. На этот раз специалисты проверяли работу системы в условиях, приближенных к городской среде, а также возможность ее развертывания рядом с потенциальными потребителями энергии.

Разработчики рассчитывают, что воздушные электростанции смогут снабжать электричеством объекты без строительства крупных наземных сооружений. Однако у технологии есть собственные сложности. Удерживающий платформу трос должен выдерживать механические нагрузки и

одновременно передавать электричество. Кроме того, при работе рядом с городами необходимо учитывать ограничения воздушного движения, погодные риски и возможность безопасного возвращения установки на землю.

Пока компания не раскрыла установленную мощность S4000, объем электричества, полученный во время демонстраций, и предполагаемую стоимость одного киловатт-часа. Без этих данных нельзя оценить, насколько технология сможет конкурировать с обычными солнечными и ветровыми электростанциями.

Сейчас разработка проходит этап технических испытаний. Следующая задача – подтвердить, что воздушная установка способна не только подниматься на большую высоту, но и стабильно вырабатывать электричество в течение длительного времени.

Солнечная энергетика

Созданы фотоэлементы для работы на глубинах до 10 метров под поверхностью океана[8]

Ученые впервые подтвердили на практике, что солнечные элементы могут работать под поверхностью моря. Исследование показало, что за два часа на глубине 10 метров элементы выработали 324 мВт·ч энергии – достаточно для зарядки литий-ионных аккумуляторов – и способны непрерывно работать в таких условиях около 5,5 лет. А значит, у подводных датчиков, камер и систем связи в открытом море появляется новый источник питания.

По словам авторов статьи, ученых из Юньнаньского университета, работ, посвященных подводным фотоэлементам, до сих пор было мало и все они касались глубины не более двух метров. «Это исследование – первое подтверждение работоспособности подводных солнечных элементов

[8] Источник: https://hightech.plus/2026/09/14/sozdani-fotoelementi-dlya-raboti-na-glubinah-do-10-metrov-pod-poverhnostyu-okeana Опубликовано 14.09.2026

на глубине до 10 метров, что значительно расширяет область их применения», – отметил Чжан Вэньхуа.

Хотя солнечные элементы давно обеспечивают зеленую энергию на суше, вырабатывать солнечную энергию под водой мешает резкое падение интенсивности солнечного света. Чтобы преодолеть это препятствие, команда китайских исследователей сначала разработала специальную лабораторную систему с подобранными оптическими фильтрами, имитирующими подводное освещение на разных глубинах.

В лабораторных экспериментах они определили, что созданные ими подводные солнечные элементы оказались одними из самых эффективных среди широкозонных – особенность, позволяющая им поглощать синий и оранжевый свет.

После пребывания в заполненном азотом контейнере в течение 300 дней перовскитовые фотоэлементы сохранили около 96% начальной эффективности. Также они продемонстрировали почти полное отсутствие деградации после 1160 часов в смоделированных условиях на глубине 10 метров. Затем команда установила фотоэлементы на подводных роботов и отправила их на глубину 10 метров у островов Вэйчжоу в Южно-Китайском море. Элементы проявили исключительную эксплуатационную стабильность, пишет EurekAlert.

«Что удивило нас больше всего – это сколько электроэнергии наши крупноформатные модули выработали в реальных условиях на 10-метровой глубине всего за два часа», – сказал Чжан. Он также отметил, что команде удалось масштабировать небольшие лабораторные элементы до модулей крупного размера. «Сочетание лабораторных исследований и полевых экспериментов дает убедительные доказательства работоспособности подводной фотовольтаики», – добавил он.

В дальнейшем ученые планируют установить предел глубины для подводных фотоэлементов, а также разработать стандартизированные протоколы тестирования для погружной фотовольтаики.

Гибкие солнечные панели превращают вышки связи в источники возобновляемой энергии[9]

Австралийская телекоммуникационная компания Decon завершила первый месяц испытания легких и гибких солнечных ламинатных панелей, прикрепленных к северной стороне 40-метровой мачты вышки фиксированной беспроводной связи. Испытания демонстрируют, что вырабатывать возобновляемую энергию можно с минимальным вмешательством в инфраструктуру.



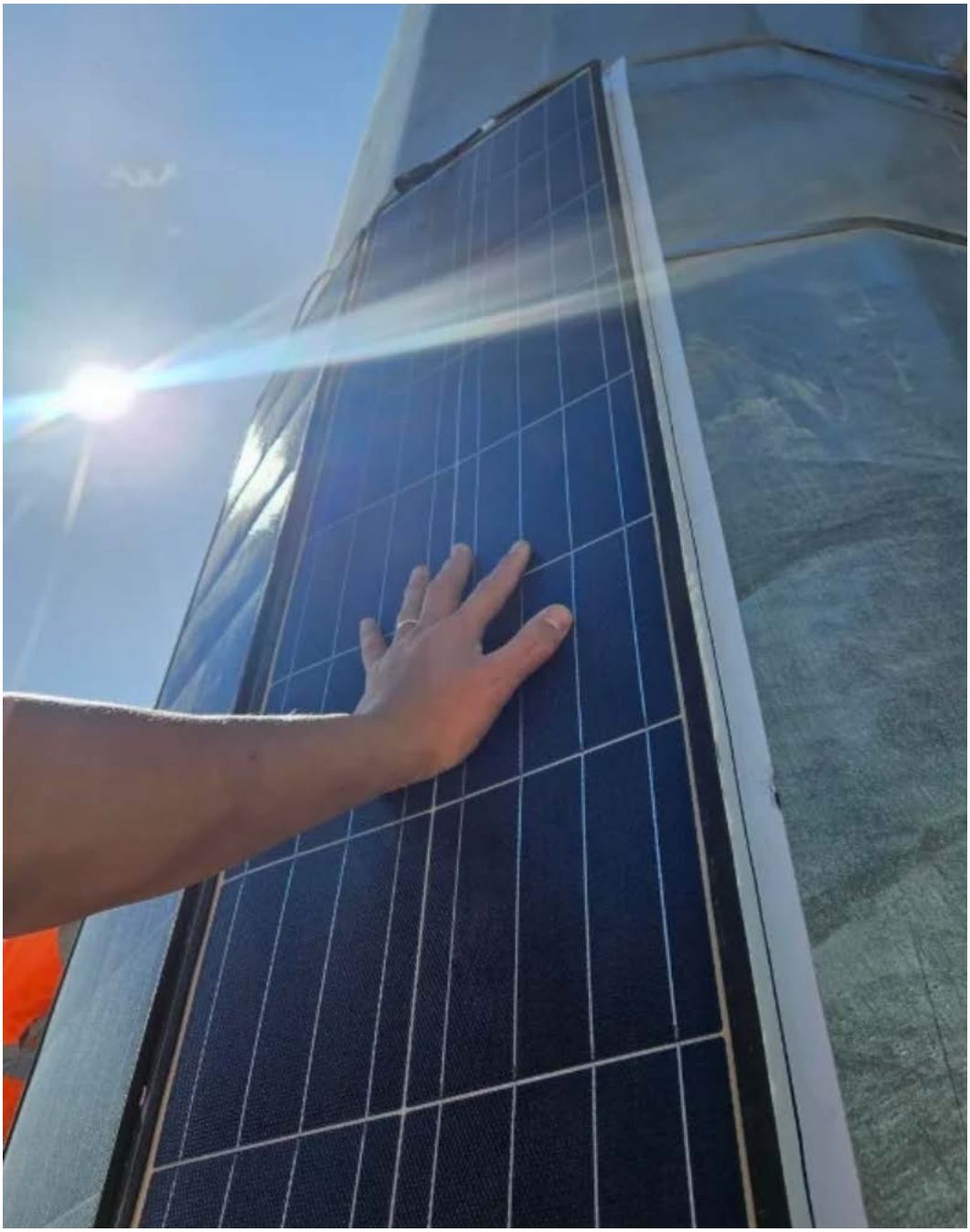
Ключевая особенность технологии Decon – запатентованное крепление, которая позволяет интегрировать солнечные ламинатные системы на существующие мачты практичным, масштабируемым и повторяемым способом.

В сочетании с существующим аккумуляторами и другими энергосберегающими функциями гибкие солнечные панели должны обеспечивать работу вышек беспроводной связи на протяжении 12 часов во время отключения электроэнергии. Предварительные результаты эксперимента показывают, что система может генерировать до 40% общей потребности объекта в энергии в светлое время суток, в зависимости от погодных условий.

Информации о КПД солнечных панелей, размерах и стоимости пока нет. Эксперимент проводился на действующем объекте фиксированной

[9] Источник: https://hightech.plus/2026/09/25/gibkie-solnechnie-paneli-prevrashayut-vishki-svyazi-v-istochniki-vozobnovlyaemoi-energii Опубликовано 25.09.2026

беспроводной связи оператора мобильной связи nbn в Нью-Гисборне в районе Македон-Рейнджес, примерно в 60 километрах к северо-западу от Мельбурна, сообщает PV Magazine.



«Первоначальное испытание продемонстрировало потенциал гибкого солнечного решения в снижении нашего общего углеродного следа за счет большего использования солнечной энергии и батарей, – заявил Гай Скотт, технический директор nbn. – Теперь мы перешли в операционную фазу и верим, что это решение может помочь повысить устойчивость сети

nbn, поддерживая работу отдельных объектов фиксированной связи во время отключений от электросети и сохраняя связь для местных сообществ в трудные времена».

Nbn продолжит оценивать производительность этого интегрированного решения возобновляемой энергетики и изучать дополнительные возможности увеличений устойчивости сети за счет развертывания инновационных энергетических решений.

В Австралии 48-этажный небоскреб превратили в солнечную электростанцию[10]

В Мельбурне завершили монтаж солнечной системы на фасаде, крыше и верхней части 48-этажного офисного здания на улице Бурк-стрит. Как сообщили девелопер Cbus Property и строительная компания Multiplex, конструкция состоит из 1391 панели общей площадью 2679 м² и способна вырабатывать до 375 кВт пиковой мощности.



[10] Источник:
https://naukatv.ru/news/v_avstralii_48etazhnyj_neboskreb_prevratili_v_solnechnuyu_elektrostantsiyu
Опубликовано 13.11.2026

Проект называют одним из первых в мире примеров крупномасштабного использования солнечного фасада в коммерческом небоскребе. Его особенность в том, что панели не просто закреплены на внешней стороне готового здания, а встроены непосредственно в его оболочку.

Система получила название Solar Skin – «солнечная кожа». Она относится к технологии BIPV (building-integrated photovoltaics), при которой фотоэлектрические элементы становятся частью строительных конструкций. Их устанавливают вместо или вместе с обычными материалами фасада, остекления, навесов и кровли.

Такой подход позволяет использовать для выработки энергии не только крышу, но и стены здания. Это особенно актуально для плотной городской застройки, где площадь крыш ограничена, а высотные здания имеют большие поверхности, на которые попадает солнечный свет.

Установленные панели выполняют сразу две функции. Они преобразуют солнечную энергию в электричество и одновременно служат защитой от прямых солнечных лучей. По словам генерального директора Cbus Property Криса Какуфаса, такой фасад препятствует нагреву помещений, что позволяет снизить расходы на охлаждение здания.

«Солнечный фасад вырабатывает электричество, но также работает как солнцезащитный экран, который не дает теплу проникать внутрь здания. Это снижает эксплуатационные расходы наших арендаторов и выбросы, связанные с потреблением электроэнергии из сети, а также придает башне узнаваемый внешний вид», – отметил Какуфас.

В отличие от обычных солнечных батарей на крыше, интегрированные панели должны быть частью конструкции здания. Поэтому их установку пришлось согласовывать с проектированием фасада, несущих элементов и инженерных систем.

Архитектурное бюро Bates Smart разработало внешний вид небоскреба так, чтобы панели стали частью его оформления, а не выглядели как оборудование, добавленное уже после строительства. В результате фасад получил фактурную поверхность, сочетающую архитектурную функцию с выработкой энергии.

По словам регионального руководителя Multiplex Росса Сноуболла, для монтажа почти 1400 фотоэлектрических модулей потребовалась координация нескольких проектных команд. Нужно было встроить их в оболочку здания и при этом сохранить качество работ и соблюсти график строительства.

Здание на Бурк-стрит – не первый подобный проект в Австралии. В ноябре 2024 года в Мельбурне завершили строительство восьмиэтажного офисного здания на улице Спенсер-стрит, фасад которого оснастили

1182 солнечными панелями. Однако новая система значительно крупнее: ее заявленная пиковая мощность превышает показатели предыдущего проекта более чем в два раза.

После ввода в эксплуатацию солнечный фасад сможет покрывать до пятой части базового потребления электроэнергии небоскреба. Остальную энергию здание будет получать из внешних возобновляемых источников.

Проект показывает, как фасады высотных зданий можно превратить из пассивной защиты от внешней среды в дополнительный источник электричества. Это не отменяет необходимости в обычных солнечных электростанциях, но позволяет эффективнее использовать пространство в крупных городах, где свободной земли и площадей на крышах часто не хватает.

Новое покрытие делает стекло солнечных панелей в 7 раз прочнее и на 40% легче[11]

Немецкие исследователи разработали самовосстанавливающееся покрытие для солнечных панелей, которое заполняет микротрещины химическими связями на молекулярном уровне. По данным разработчиков, оно позволяет сделать само стекло в семь раз прочнее и снизить его массу на 40%, а вес солнечных панелей в сборе – на 30%.

Стекло защищает солнечные элементы и другие электрические компоненты от воздействия окружающей среды и пропускает солнечный свет. При этом на него приходится до 80% массы панели, которая обычно составляет 11–13 кг/м². Использование более тонкого стекла позволяет снизить вес конструкции, но повышает риск повреждений. Чтобы увеличить прочность материала, производители подвергают его термической обработке, которая затрудняет распространение трещин. Однако при толщине 2 мм и менее этот процесс становится сложнее.

Новое покрытие разработали немецкая EXXERGY и её дочерняя компания EXXOSQEL совместно с Институтом исследований силикатов имени Фраунгофера в Вюрцбурге. Технология предназначена для укрепления стекла и устранения микроскопических трещин, которые могут привести к его разрушению.

[11] Источник: https://hightech.plus/2026/10/25/novoe-pokritie-delaet-steklo-solnechnih-panelei-v-7-raz-prochnee-i-na-40-legche Опубликовано 25.10.2026



Материал формирует внутри микротрещин химические связи на молекулярном уровне. Покрытие создает трехмерную композитную структуру с ковалентными связями. Эти связи повышают энергию, необходимую для разрушения стекла, благодаря чему оно становится прочнее.

В лабораторных испытаниях образцы стекла толщиной 2 мм после обработки стали в четыре раза прочнее необработанных, а образцы толщиной 1 мм – в семь раз. Теперь исследователи проверяют покрытие на более крупных стеклянных листах и солнечных модулях. Команда уже изготовила первые прототипы стандартных размеров в условиях, приближенных к реальной эксплуатации, и проводит испытания на устойчивость к нагрузкам.

Разработчики готовят технологию к массовому производству. Институт Фраунгофера ISC помогает наладить выпуск покрытия партиями объемом до 100 л и автоматизировать процесс его нанесения. Следующий этап – испытания в реальных условиях. По оценке разработчиков, внедрение технологии позволит сократить расход сырья и энергии при производстве солнечных панелей.

Традиционная энергетика

Гидроэнергетика способствует интеграции возобновляемых источников энергии[12]

Снижение выработки солнечной энергии стало причиной серии веерных отключений электроэнергии на Филиппинах в мае 2026 г. На фоне опасений, что продолжительность отключений в двух основных энергосистемах страны может достигать семи часов, Национальная энергетическая корпорация Филиппин (National Grid Corporation of the Philippines) объявила красный уровень тревоги.

По данным Комиссии по регулированию энергетики Филиппин (ERC), к концу дня разрыв между предложением электроэнергии и возросшим спросом сокращался вследствие снижения выработки солнечной энергии в вечерние часы.

Председатель и генеральный директор ERC Фрэнсис Сатурнино К. Хуан отметил, что проблема заключается не столько в дефиците электроэнергии в послеобеденные и ранние вечерние часы, сколько в недостатке гибкости энергосистемы после захода солнца.

Вице-президент по корпоративным вопросам компании AboitizPower Суи Суарес подчеркнула, что сложившаяся ситуация не должна рассматриваться как критика солнечной энергетики. По ее словам, она свидетельствует о необходимости формирования и поддержания гибкого и диверсифицированного энергетического баланса, при котором ограничения одной технологии могут компенсироваться другими источниками, способными оперативно подключаться, располагающими необходимыми мощностями и готовыми к запуску в течение нескольких минут.

В начале 2026 г., стремясь содействовать созданию устойчивой, инклюзивной и ориентированной на будущее энергетической системы, консорциум во главе с Aboitiz Renewables приобрел у правительства Филиппин комплекс гидроэлектростанций Калирая – Ботокан – Калаян (CBK HEPP) общей мощностью 797 МВт в провинции Лагуна.

Так называемый консорциум Thunder, в состав которого входят Aboitiz Renewables, японские компании Sumitomo Corporation и Electric

[12] Источник: Hydropower enables renewable integration / https://www.waterpowermagazine.com/analysis/hydropower-enables-renewable-integration/ Опубликовано 24.09.2026

Power Development Co., выиграл тендер на приватизацию комплекса в июле 2025 г. Комплекс, в частности гидроаккумулирующие электростанции Kalayaan, рассматривается как важнейший энергетический буфер для энергосистемы острова Лусон. Его способность накапливать энергию и оперативно подавать электроэнергию способствует повышению стабильности энергосистемы, обеспечивает необходимые вспомогательные услуги и облегчает интеграцию возобновляемых источников энергии.

По данным Aboitiz Renewables, по мере расширения использования экологически чистых источников энергии на Филиппинах этот объект, как ожидается, будет играть ключевую роль. Президент Филиппин Фердинанд Маркос-младший подчеркнул стратегическую важность передачи комплекса *СВК HEPP*, охарактеризовав сделку как целенаправленный шаг к созданию более стабильной, продуманной и ориентированной на будущее энергетической системы.

Проблемы

Интеграция различных источников генерации стала одной из ключевых проблем энергосистем с растущей долей возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Однако, по мнению Ахмета Хакана Озкана, высокая доля гидроэнергетики сама по себе не гарантирует беспроблемной интеграции ВИЭ в энергосистему.

В своем недавнем исследовании Озкан рассмотрел причины, по которым гидроэнергетические системы продолжают сталкиваться с проблемами интеграции и обеспечения гибкости по мере увеличения доли ветровой и солнечной генерации.

Автор отмечает, что эффективность работы гидроэнергетики определяется не только установленной мощностью, но и целым рядом других факторов, включая гидрологические условия, ограничения пропускной способности электросетей, правила эксплуатации и приоритеты долгосрочного планирования. По его оценке, совокупность этих факторов может ограничивать возможности гидроэнергетики по балансированию энергосистемы в режиме реального времени.

В исследовании Озкан предлагает системный концептуальный подход, позволяющий разграничить техническую гибкость и фактическую гибкость энергосистемы. В рамках этого подхода особое внимание уделяется временным, пространственным, операционным и институциональным ограничениям, которые определяют реальную способность гидроэнергетики обеспечивать баланс между производством и потреблением электроэнергии.

На примере Канады Озкан показывает, что сезонные изменения гидрологических условий, географическая удаленность между районами производства и потребления электроэнергии, эксплуатационные ограничения гидроэнергетических объектов и инерционность процессов планирования могут ограничивать способность энергосистемы компенсировать изменчивость генерации из возобновляемых источников, несмотря на благоприятные природно-ресурсные условия.

По мнению Озкана, полученные результаты свидетельствуют о том, что гидроэнергетика обеспечивает ценную, но ограниченную условиями гибкость и не может рассматриваться как самостоятельное решение задачи интеграции возобновляемых источников энергии. Эффективное расширение ветровой и солнечной энергетики, как отмечает автор, требует формирования скоординированных комплексов гибкости, сочетающих гидроэнергетику с дополнительной инфраструктурой, системами хранения энергии, механизмами управления спросом и современными методами управления энергосистемой.

Автор считает, что исследование вносит вклад в развитие интеллектуальных энергетических систем, предлагая по-новому рассматривать роль гидроэнергетики в системах с высокой долей возобновляемых источников энергии и подчеркивая важность системного подхода к их проектированию.

Водонасосная станция в Руанде

В другом исследовании рассматриваются преимущества сочетания возобновляемых источников энергии с гидроаккумулирующими электростанциями для их интеграции в энергосистему. В центре внимания находится гидроэлектростанция Мукунгва мощностью 12 МВт в Северной провинции Руанды, уровень воды в которой снижается вследствие изменения погодных условий в засушливый сезон.

Река Мукунгва, являющаяся одной из крупных водных артерий бассейна реки Мусанзе, характеризуется значительным потенциалом солнечной и гидроэнергетики, а также умеренной скоростью ветра. По оценкам, основное русло реки и ее притоки обладают совокупным неиспользованным гидроэнергетическим потенциалом в 48,4 МВт.

В исследовании, опубликованном в журнале Energy Strategy Reviews, Ниринги йимана и соавторы отмечают, что гидроэнергетика играет ключевую роль в накоплении и балансировании энергии, дополняя такие крайне изменчивые источники, как ветровая и солнечная генерация. При этом авторы обращают внимание на то, что многие водохранилища уже используются для выполнения целого ряда функций, включая защиту от наводне-

ний, водоснабжение, производство электроэнергии, обеспечение необходимого стока ниже по течению для сохранения водных экосистем, а также места отдыха.

В связи с этим авторы отмечают, что управление гидроэнергетическим водохранилищем уже само по себе является сложной задачей, а добавление новой функции – компенсировать нестабильность ветровой и солнечной фотоэлектрической генерации – открывает значительные возможности, но одновременно представляет собой серьёзный вызов.

Однако авторы считают, что внедрение системы гидроаккумулирующего хранения энергии позволит обеспечить стабильную, надёжную и достаточную выработку электроэнергии на Мукунгвской ГЭС с учётом непостоянного характера солнечной и ветровой генерации, а также колебаний спроса на электроэнергию.

В рамках исследования были рассмотрены два различных режима эксплуатации: базовый вариант без накопления энергии и усовершенствованный вариант с интеграцией гидроаккумулирующей электростанции. Для оценки последствий внедрения системы накопления энергии был проведён сравнительный технико-экономический и экологический анализ.

Поскольку доступность ресурсов, близость к гидроэнергетической инфраструктуре и ограничения по площади земельных участков непосредственно влияют на выбор наиболее экономически эффективного сочетания технологий, результаты исследования показали, что внедрение гидроаккумулирующих электростанций позволяет значительно снизить общие системные затраты, а также сократить эксплуатационные выбросы CO_2.

По мнению Ниринги́йиманы и соавторов, это двойное преимущество подчеркивает важную роль гидроаккумулирующих электростанций в повышении как экономической эффективности, так и экологической устойчивости энергосистем с высокой долей возобновляемых источников энергии.

Авторы также отмечают ряд ограничений исследования. В частности, при оценке интеграции гидроаккумулирующих установок необходимо учитывать различные экологические и географические условия, включая равнинный рельеф, неблагоприятные геологические характеристики и высокую нагрузку наносов. Кроме того, предложенный подход может быть неприменим в экологически охраняемых районах, где действуют обязательные требования к обеспечению экологического стока, а также в регионах с различающимися и изменяющимися моделями водопользования. Эти факторы могут приводить к различным результатам в зависимости от конкретных условий. По мнению авторов, в будущих исследованиях также следует учитывать потери воды на испарение, обусловленные колебаниями температуры воздуха.

Комбинированное производство тепла и электроэнергии

Острая необходимость в устойчивых энергетических решениях способствует росту интереса к инновационной интеграции гидроэнергетических и тепловых энергетических систем для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии (когенерации).

В исследовании Элкелави и соавторов рассматривается, как такая гидротермальная интеграция может способствовать сокращению выбросов парниковых газов до 30% и повышению энергоэффективности на 20–30% по сравнению с традиционными системами. Кроме того, интеграция этих систем, по оценкам авторов, может обеспечить сокращение эксплуатационных расходов примерно на 15–25%, главным образом за счет более эффективного использования топлива и снижения зависимости от ископаемых видов топлива.

На основе анализа конкретных примеров и последних технологических достижений авторы приходят к выводу, что проведенный ими обзор может быть полезен для политиков, исследователей и представителей энергетического сектора, заинтересованных во внедрении более устойчивых энергетических решений.

Однако авторы предупреждают, что при проектировании и эксплуатации таких сложных систем необходимо учитывать ряд серьезных препятствий. Для дальнейшего снижения затрат и выбросов требуются сложные оптимизационные модели, включая двухуровневые стохастические методы, позволяющие учитывать неопределенность, связанную с выработкой возобновляемой энергии и изменениями спроса на электроэнергию. Дополнительную сложность создает необходимость учитывать пусковые затраты и эксплуатационные ограничения, которые невозможно в полной мере учесть с помощью традиционных методов. В связи с этим применение методов смешанного целочисленного программирования для совместного планирования работы гидро- и тепловых электростанций еще больше усложняет процесс оптимизации. Авторы подчеркивают, что сложность таких энергетических решений обусловлена необходимостью одновременно обеспечивать эффективность эксплуатации, соблюдать нормативные требования и учитывать экологические последствия при проектировании эффективной гибридной системы. К числу возможных препятствий также относятся высокие первоначальные капитальные затраты, техническая сложность систем и ограниченная доступность водных ресурсов, необходимых для выработки гидроэлектроэнергии.

Несмотря на эти препятствия, авторы отмечают, что благодаря развитию технологий хранения энергии, интеллектуальных энергосетей и цифровых систем управления гибридные системы становятся все более

практичными и экономически доступными. По их оценке, гибридные гидротепловые системы могут сыграть значимую роль в глобальном переходе к более устойчивой энергетике, способствуя удовлетворению растущего спроса на энергию при одновременном снижении воздействия на окружающую среду. Авторы подчеркивают, что реализация такого потенциала будет зависеть от наличия благоприятных политических условий, финансовых стимулов и дальнейшего технологического развития.

Почему горным странам необходимо пересмотреть свои планы развития гидроэнергетики?[13]

Евгений Симонов

26 августа 2026 г. горы на непальско-китайской границе с грохотом обрушились, вынеся ужасающий приговор десятилетиям бесконтрольного развития инфраструктуры. Высоко над районом Лангтанг огромный фрагмент коренной породы и ледникового льда откололся, вызвав катастрофическую каменно-ледяную лавину. В течение нескольких минут, по оценкам, от 110 до 130 млн м^3 обломочного материала и воды устремились вниз по долинам рек Лхенде и Бхотекоши–Тришули со скоростью до 180 км/ч.

Это «горное цунами» унесло жизни более 1500 человек, около шести тысяч человек числятся пропавшими без вести, а ущерб составил миллиарды долларов. Но помимо масштабной человеческой трагедии, катастрофа обнажила фатальные недостатки зависимости Непала от сотен гидроэнергетических проектов и международного «климатического финансирования», обеспечивающего их реализацию.

Неспособность прогнозировать и отслеживать

Почему предупреждения не сработали, несмотря на огромные масштабы надвигавшейся катастрофы? Почему жители расположенных ниже по течению населённых пунктов и рабочие практически не получили никаких предупреждений? Почему катастрофу такого масштаба не удалось своевременно предсказать?

[13] Источник: Why Mountainous Countries Must Rethink Their Hydropower Dreams? / https://www.transrivers.org/2026/4157/ Опубликовано 28.09.2026

Ответ кроется в фундаментальном несоответствии между характером опасностей в Гималаях и системами, предназначенными для их обнаружения и оценки. Оперативный гидрометеорологический мониторинг в Непале почти полностью основан на отслеживании осадков и постепенного повышения уровня рек. Однако катастрофа 26 августа не была обычным муссонным наводнением. Как объяснил Ашок Дахал из Университета Твенте во время экстренного научного совещания, произошедшее событие нельзя рассматривать как единичное природное явление, такое как обрушение ледника, наводнение или селевой поток. По его словам, оно представляло собой сочетание нескольких опасных процессов – своего рода «волну опасностей».

Поскольку поток преодолел 22 км всего за семь минут, он разрушил те самые речные измерительные приборы, которые должны были передавать данные для запуска предупреждений. При этом в систему раннего предупреждения не была интегрирована сеть сейсмического мониторинга в режиме реального времени, способная обнаружить первоначальное обрушение на большой высоте. Анил Похрел, бывший глава Национального управления Непала по снижению рисков стихийных бедствий и управлению ими, прямо охарактеризовал произошедшее как институциональный провал, отметив, что в стране отсутствует полноценная система раннего предупреждения, а имеются лишь разрозненные элементы такой системы и крайне неэффективная коммуникация в области информирования о рисках.

Между тем в 2025 г. та же долина пострадала от крупного наводнения, а в предыдущие годы в этом районе произошло несколько опасных геологических процессов. Однако эти события не привели ни к созданию комплексной системы раннего предупреждения, ни к прекращению интенсивного развития речной долины.

Развитие, ориентированное на гидроэнергетику

Ущерб от наводнения в районе Бхотекоши–Тришули был многократно увеличен из-за бессистемного развития, ориентированного на освоение речных долин. На протяжении десятилетий Непал концентрировал свои экономические коридоры, поселения и критически важную инфраструктуру на дне узких, крутых долин, питаемых ледниками.

Нигде эта уязвимость не проявляется так явно, как в энергетическом секторе. Согласно правительственной оценке ущерба и потребностей (RDNA), 13 гидроэнергетических проектов были серьёзно повреждены или полностью разрушены, что привело к выводу из эксплуатации почти 760 МВт генерирующих мощностей. Только физический ущерб энергетическому сектору оценивается в 889 млн долл. Гидроэнергетический проект Upper Trishuli-1 (UT-1) стоимостью 650 млн долл. и мощностью 216 МВт,

который ранее считался триумфом «зелёной» инфраструктуры, был практически уничтожен, в результате чего сотни рабочих оказались заблокированы глубоко в его туннелях. Это составляет не менее 10% установленной мощности энергетической системы страны.

Химаншу Тхаккар, координатор Южноазиатской сети по вопросам плотин, рек и населения (SANDRP), отмечает, что масштабы разрушений напрямую связаны с бесчувственным подходом к реализации крупных проектов, включая большое количество гидроэнергетических объектов, при котором игнорируется присущая Гималайскому региону уязвимость, усугубляемая изменением климата. Рассматривая изменчивые горные речные системы как стабильные и предсказуемые ресурсы, застройщики фактически заложили «гидробомбы» в одних из наиболее сейсмически и климатически уязвимых районов Земли.

Перспективы перемен

Если крупные русловые плотины в узких гималайских ущельях больше не являются безопасными, то каковы альтернативы? Катастрофа 26 августа показывает, что полагаться на «гидромонополию» для обеспечения 97% энергетических мощностей страны – опасная стратегия.

Для создания действительно устойчивой энергосистемы Непалу необходимо срочно диверсифицировать свой энергетический баланс. Джефф Опперман, учёный, занимающийся вопросами сохранения пресноводных экосистем, в статье для Forbes отмечает, что высокогорным странам, вероятно, будет выгодно диверсифицировать будущие планы развития энергетики, включив в них больше ветровой и солнечной генерации, а также аккумуляторных систем хранения энергии.

Опперман также указывает на более безопасную гидроэнергетическую альтернативу – гидроаккумулирующие электростанции. По его мнению, поскольку одно или оба водохранилища ГАЭС могут размещаться вдали от русел рек, риски наводнений при использовании ГАЭС значительно ниже, чем при эксплуатации традиционных гидроэлектростанций. Децентрализованные системы солнечной и ветровой генерации в сочетании с внерусловыми системами хранения энергии могут обеспечивать внутренние энергетические потребности, не нарушая жизненно важные экосистемы и не подвергая тысячи людей риску, связанному с каскадными селевыми потоками.

Если альтернативы очевидны, почему Непал не использует их? Главным препятствием остаётся глубоко укоренившийся гегемонистский политический дискурс, представляющий бесконтрольное расширение гидроэнергетики как единственный двигатель процветания страны. Опьяняю-

щая мечта стать «батареей Южной Азии» благодаря прибыльному экспорту электроэнергии в Индию и Бангладеш, как утверждается, ослепляет внутреннюю элиту и планировщиков, мешая им учитывать экологические реалии потепления криосферы.

Влиятельные наблюдатели, такие как Бикаш Пандей из Winrock, не верят, что страна способна отклониться от проторенного пути, каким бы опасным он ни был. По его мнению, десятки тысяч непальцев зависят от этого сектора, поскольку в продолжении строительства гидроэнергетических проектов заинтересован широкий круг участников, включая цементные и сталелитейные заводы, производителей стальных труб и ворот, поставщиков, инженерные и консалтинговые компании, специалистов по охране окружающей среды, страховые компании, банки и пенсионные фонды.

Архитектор энергетической системы Непала, бывший министр энергетики, а ныне лидер партии Кулман Гисинг с оптимизмом описывает возможные пути решения проблемы. В их числе он называет совершенствование водонепроницаемых подъездных тоннелей, усиление конструкций электростанций и улучшение систем оповещения. Кроме того, он считает необходимым построить как минимум один гидроэнергетический проект с водохранилищем в каждом речном бассейне, чтобы смягчить последствия внезапных наводнений и сбалансировать сезонные колебания водоснабжения.

Эта технократическая самонадеянность усугубляется институциональными сбоями. Оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС), как правило, утверждаются формально, тогда как совокупные риски на уровне всего речного бассейна, включая прорывы ледниковых озёр, намеренно игнорируются. Более того, такая модель развития регулярно нарушает права коренных общин, обходя подлинное свободное, предварительное и осознанное согласие (СПОС) при решении вопросов, связанных с использованием земель и водных ресурсов для строительства гидроэнергетических тоннелей и плотин.

Когда климатическое финансирование превращается в неадекватную адаптацию

Пожалуй, самая трагическая ирония катастрофы августа 2026 г. заключается в том, как она финансировалась. Многосторонние банки развития (МБР), включая Азиатский банк развития (АБР), Азиатский банк инфраструктурных инвестиций (АБИИ) и Международную финансовую корпорацию (МФК) Всемирного банка, часто направляют «климатическое финансирование» на эти гидроэнергетические проекты, позиционируя их как экологически чистую и устойчивую энергетику. В действительности

же финансирование уязвимых плотин в дестабилизирующихся ледниковых долинах является классическим примером неадекватной адаптации.

Возьмём, к примеру, обречённый на провал проект «Верхний Тришули-1». В мае 2025 г. независимая комиссия, назначенная Азиатским банком развития, прямо предупредила, что для проекта не проводилась оценка климатической устойчивости, а отсутствие надёжной системы раннего предупреждения остаётся «серьёзным риском». Однако эти предупреждения были проигнорированы.

Как отмечает Химаншу Тхаккар, несмотря на то что в собственных отчётах международных банков неоднократно подчёркиваются климатические риски, банки не предпринимают превентивных мер и не устанавливают требований к проведению строгих проверок и применению соответствующих механизмов контроля. По его мнению, особенно тревожным является то, что банки финансируют проекты под предлогом повышения устойчивости к изменению климата и стихийным бедствиям, в то время как их собственные подходы не обеспечивают необходимого уровня защиты. Тхаккар также считает, что недостатки в деятельности банков особенно серьёзны, поскольку они противоречат их собственной политике.

Несмотря на разрушение 24 сентября крупнейшего инвестиционного проекта Азиатского банка инфраструктурных инвестиций (АБИИ) в Непале – гидроэнергетического проекта «Верхний Тришули-1», – делегация АБИИ провела в Катманду переговоры с министром энергетики, водных ресурсов и ирригации Непала Бираджем Бхактой Шрестхой, который призвал продолжить поддержку расширения электроэнергетической инфраструктуры и оказать помощь Непалу в достижении цели по выработке 30 000 МВт электроэнергии в течение следующего десятилетия.

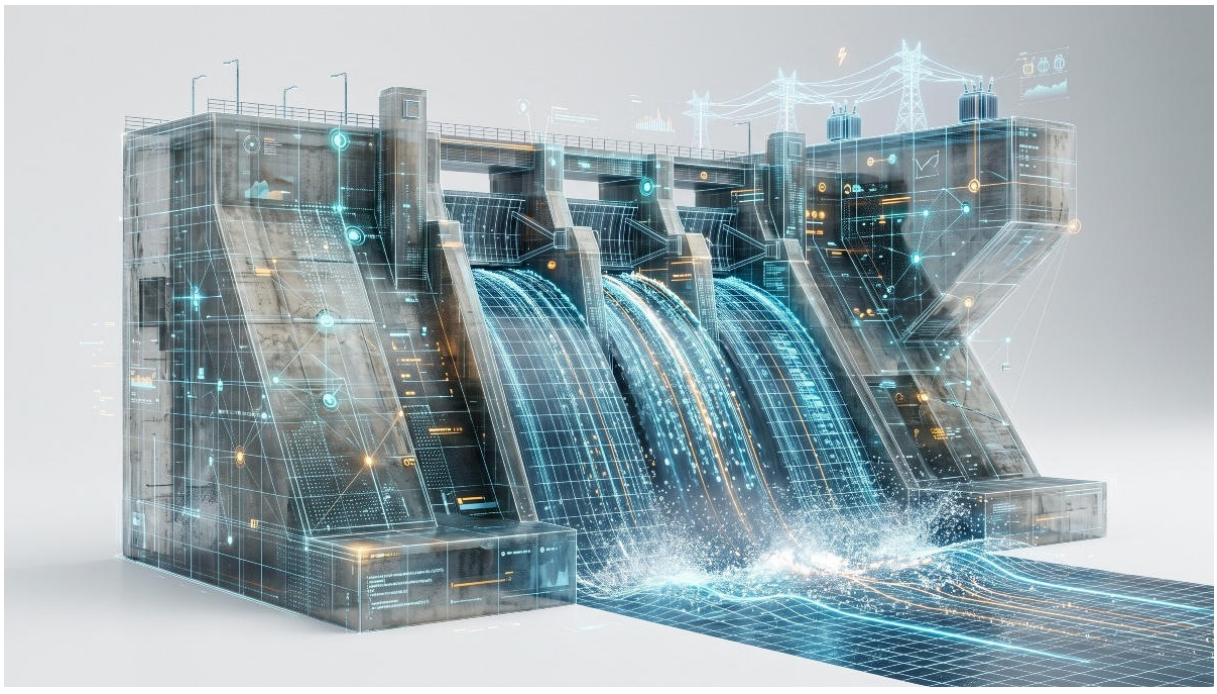
Чтобы прекратить поддержку этих катастрофических провалов, многосторонние банки развития должны немедленно прекратить спекулятивное финансирование гидроэнергетических проектов в крайне уязвимых горных речных коридорах. Международное климатическое финансирование должно быть перенаправлено от «гидромонополий» к действительно устойчивым децентрализованным сетям возобновляемой энергетики, комплексным системам раннего предупреждения о множественных опасностях и восстановлению местных источников средств к существованию, с учётом будущей безопасности и экологической устойчивости в качестве основополагающего принципа «восстановления по-новому».

Ревущие, несущие грязь воды реки Тришули вынесли свой вердикт нынешней траектории развития Непала. Пришло время миру прислушаться к нему, прежде чем следующее цунами с гор смоет очередную речную долину вместе с её бедными жителями, привлечёнными в опасные места

ложными обещаниями устойчивого развития, основанного на гидроэнергетике.

Цифровые плотины: как нейросети меняют работу ГЭС[14]

Растущее потребление электроэнергии центрами обработки данных и высокотехнологичными производствами требует пересмотра принципов работы гидроэлектростанций. В Соединенных Штатах Америки, где действуют около 2700 гидротехнических сооружений, доля гидроэнергетики в энергобалансе составляет порядка 6%. Дальнейшее увеличение этого показателя без ущерба для окружающей среды требует отказа от жестких регламентов управления в пользу гибких систем реального времени. Эксперты полагают, что адаптировать гидроэнергетическую отрасль к новым нагрузкам и климатическим изменениям способны алгоритмы машинного обучения, превращающие традиционные плотины в умные гидроузлы.



Современная гидроэнергетика сталкивается с двумя группами рисков. Краткосрочные угрозы связаны с экстремальными погодными явлени-

[14] Источник: https://hydropost.ru/id/145056 Опубликовано 13.10.2026

ями: обильными осадками, засухами, волнами тепла и нестабильным таянием снегов. Резкие колебания объемов воды требуют оперативной корректировки сбросов для предотвращения наводнений и поддержания качества ресурсов, включая контроль температуры и солености рек. Дополнительную опасность для инфраструктуры представляют землетрясения, просадка грунта и экстремальные ливни.

Долгосрочная уязвимость обусловлена глобальным изменением гидрологии. Продолжительные засухи и сокращение снежного покрова в бассейне реки Колорадо привели к падению уровня воды в озерах Мид и Пауэлл до исторических минимумов. Обмеление водохранилищ провоцирует нагрев воды, снижение уровня кислорода и токсичное цветение водорослей. Ситуация усугубляется тем, что многие американские плотины уже выработали свой проектный ресурс.

Отраслевые эксперты сходятся во мнении, что искусственный интеллект способен перевести управление ГЭС из реактивного режима в проактивный. Нейросети могут анализировать колоссальные массивы разнородных данных – от исторических наблюдений до спутниковых снимков, обеспечивая прогнозирование притоков и раннее обнаружение неисправностей. Однако внедрение новых технологий тормозится из-за закрытости информации. Сведения о работе плотин часто недоступны для публичного использования или не адаптированы для обучения алгоритмов. Отдельной проблемой остаются вопросы кибербезопасности и отсутствие единых стандартов оценки надежности систем искусственного интеллекта.

Министерство энергетики США инициировало исследования по интеграции нейросетей в гидроэнергетическую отрасль. На краткосрочном горизонте математические модели прогнозируют выработку энергии, объемы сбросов и качество воды на один-два дня вперед. Это позволяет заранее корректировать работу резервуаров, предотвращая затопления территорий ниже по течению и сохраняя запасы на случай засухи. Для долгосрочного планирования разрабатываются гибридные системы, объединяющие законы физики и машинное обучение. Они способны моделировать гидрологическую обстановку на месяцы и годы вперед, учитывая природные и антропогенные факторы.

Основой для работы алгоритмов ИИ становятся сети датчиков интернета вещей (IoT), постоянно фиксирующие расход воды, сейсмическую активность и угол наклона сооружений. Сбор сведений на местах дополняется использованием дронов, подводных роботов и передовых спутниковых систем. Автоматизировать обработку поступающего потока информации помогают большие языковые модели. Следующим этапом модернизации становится создание цифровых двойников – виртуальных копий гидроэлектростанций, работающих синхронно с реальными объектами. Ис-

пользование методов обучения с подкреплением позволит компьютерным системам находить баланс между максимизацией выработки электричества и минимизацией вреда экосистемам, предлагая операторам оптимальные сценарии действий за доли секунды.

ГАЭС предложили приравнять к стратегической инфраструктуре[15]

На климатической конференции COP31 в турецкой Анталье представили доклад, в котором государствам советуют признать гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС) стратегическими объектами национальной безопасности и перестроить энергорынки, чтобы привлечь инвестиции. Документ подготовил Глобальный альянс по гидроаккумулирующим электростанциям (GAPS) при участии более 60 правительств; его обсудили на круглом столе с представителями властей и международных агентств.



[15] Источник: https://hydropost.ru/id/305241 Опубликовано 13.11.2026

Авторы доклада отмечают, что строить ГАЭС сегодня мешают высокие стартовые затраты, сложные изыскания на конкретных площадках и то, что разрешения приходится согласовывать слишком долго. Кроме того, действующие энергорынки не оплачивают все функции таких станций, из-за чего инвесторы не могут прогнозировать долгосрочную выручку.

Документ объединяет семь рекомендаций. В национальных планах государствам советуют оценивать, сколько кратковременных и долговременных накопителей потребуется энергосистемам, и задавать конкретные ориентиры по мощности ГАЭС. Законодателям предлагают четко прописать статус накопителей, чтобы компании не платили двойные налоги или заградительные тарифы, когда запасают электричество и затем продают его в сеть.

Отдельно авторы призывают заранее подбирать подходящие площадки – оценивать экологические и социальные факторы, а также задействовать существующие гидроузлы, водохранилища, озера и отработанные шахты. Для трансграничных энергосистем эксперты советуют договариваться о единых правилах, методах планирования и форматах контрактов на уровне регионов. Согласовывать проекты следует по прозрачным правилам и в жестко оговоренные сроки, чтобы стройки не дорожали и не выбивались из графика, а местные жители охотнее принимали новые объекты. Кроме того, экономическая и регуляторная политика должна гарантировать долгосрочную стабильную выручку проектам, которые строятся по многу лет.

Чтобы привлечь капитал, на энергорынках нужны специальные инструменты для гибкости систем, которые позволят ГАЭС зарабатывать сразу на нескольких услугах. Помимо обычной торговли энергией, станции способны регулировать частоту и напряжение в сети, держать оперативный резерв, поддерживать синхронную инерцию и запускать энергосистему с нуля после масштабных аварий.

Массово вкладываться в ГАЭС, по мнению авторов доклада, необходимо по двум причинам. Во-первых, такие станции замещают маневренные мощности, которые выбывают, когда закрываются электростанции на ископаемом топливе. Во-вторых, они позволяют запасать излишки солнечной и ветровой генерации, чтобы отдавать их в сеть, когда спрос растет или выработка падает. Без таких накопителей энергосистемы останутся зависимыми от пиковых тепловых станций, скачков цен на топливо и геополитических рисков.

Среди преимуществ ГАЭС эксперты выделяют то, что станции опираются на местные водные ресурсы, рельеф и кадры. При этом гидротехнические сооружения на таких объектах служат по 80–100 лет, а электромеханическое оборудование – по 40–60 лет.

Президент Международной ассоциации гидроэнергетики (IHA) Малкольм Тернбулл заявил, что страны стремятся укрепить энергетическую безопасность и ускорить электрификацию, поэтому не могут игнорировать инфраструктуру, от которой зависит устойчивость сетей. По его словам, ГАЭС давно доказали свою надежность как долгосрочная инвестиция в энергосуверенитет, а представленный документ дает правительствам прикладные инструменты, чтобы запускать новые проекты.

Вода против штиля: зачем новой энергетике понадобились ГЭС и ГАЭС[16]

Ускоренный ввод солнечных и ветровых электростанций в мире начал опережать пропускную способность сетей, что уже оборачивается многомиллиардными издержками и вынужденным ограничением выработки. Для сохранения устойчивости энергосистем на фоне вывода традиционных тепловых станций энергетикам приходится пересматривать функции гидроэлектростанций и гидроаккумулирующих мощностей, превращая их из рядовых поставщиков энергии в базовый механизм балансировки, следует из совместного доклада Международного агентства по возобновляемым источникам энергии IRENA и Китайского института проектирования возобновляемой энергетики CREEI.

Согласно данным отчета, по итогам 2025 года в мире ввели почти 693 ГВт возобновляемых мощностей, доведя их совокупный объем до 5155 ГВт – это 49,5% всей мировой генерации. Локомотивом роста остаются солнечная (плюс 513 ГВт за год) и ветровая (плюс 158 ГВт) энергетика. Одновременно ускоряется электрификация экономики: глобальный парк электромобилей превысил 50 млн единиц, а центры обработки данных, потреблявшие в 2025 году 1,5% мировой электроэнергии, к 2035 году увеличат энергоемкость в 4,6 раза – до 389 ГВт. Сетевая инфраструктура не поспевает за таким сдвигом. В Евросоюзе в очереди на техприсоединение скопились проекты ВИЭ и систем накопления суммарно до 1700 ГВт, в США – около 8200 проектов. Из-за сетевых ограничений в 2025 году в Великобритании и Ирландии пришлось принудительно отключить более 12 ТВт ч чистой генерации, что обошлось рынку более чем в $1,34 млрд, в Германии, Франции и Нидерландах суммарные потери составили около 3,9 ТВт ч, а перегрузки в сетях США стоили потребителям свыше $17 млрд. Сбой баланса между выработкой и спросом проявляется и в це-

[16] Источник: https://hydropost.ru/id/305250 Опубликовано 16.11.2026

новых аномалиях: в Испании за первый квартал 2026 года зафиксировали 397 часов с отрицательными оптовыми ценами на электричество.

По мере закрытия угольных и газовых блоков энергосистемы теряют не только маневренный резерв, но и физическую инерцию вращающихся масс, которая удерживает частоту и напряжение при авариях. В регионах с подходящими водными ресурсами эту нагрузку берет на себя гидроэнергетика. К концу 2025 года глобальная установленная мощность ГЭС достигла 1469 ГВт (почти четверть всех мощностей ВИЭ), обеспечив годовую выработку в 4495 ТВт ч. За год было запущено 28 ГВт новых гидромощностей, включая 16 ГВт классических ГЭС и 12 ГВт гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС). Более 40% мировых вводов пришлось на Китай, где в стадии строительства находятся еще свыше 300 ГВт гидроэнергетических объектов. Заметные мощности в 2025 году также ввели Эфиопия за счет проекта Grand Ethiopian Renaissance Dam на 5 ГВт, Индия (4,2 ГВт) и Индонезия (1,2 ГВт).

Назначение ГЭС в новой архитектуре смещается от простой выдачи электроэнергии к приоритетному обеспечению гибкости и системной стабильности. В полуденные часы, когда солнечные парки работают на максимуме, ГЭС с крупными водохранилищами снижают выработку, освобождая магистральные сети и накапливая воду. В вечерние пики потребления, а также в периоды затяжного безветрия и облачности – как, например, в ноябре 2024 года в Германии, когда доля солнца и ветра опускалась ниже 10% спроса более чем на 36 часов подряд – гидростанции оперативно восполняют дефицит. В отличие от инверторной солнечной и ветровой генерации, синхронные турбины ГЭС обеспечивают естественную инерцию вращения, первичное (в пределах секунд) и вторичное (в пределах минут) регулирование частоты, поддержку напряжения и возможность запуска энергосистемы с нуля после блэкаутов. В Бразилии скоординированная диспетчеризация крупных ГЭС с ветровыми и солнечными станциями уже позволяет получать 86,8% всей электроэнергии в стране из возобновляемых источников.

Наиболее крупномасштабные гибридные кластеры сегодня строятся в Китае, где мощность гидрогенерации к концу 2025 года достигла 382 ГВт (29,5% от общемировой). В бассейнах рек Цзиньша, Ялунцзян и Дадухэ сформированы каскады водохранилищ, перераспределяющие энергию между сезонами и даже годами. На реке Ялунцзян к 2035 году создается единый энергокомплекс на 78 ГВт – по 39 ГВт гидрогенерации (с учетом ГАЭС) и солнечно-ветровых парков. Наглядный экономический эффект уже показала совместная диспетчеризация действующей ГЭС «Лянхэкоу» и расположенной рядом солнечной станции «Кэла» мощностью 1 ГВт. В 2025 году коэффициент использования солнечной энергии на «Кэла» достиг 99% – на 27 процентных пунктов выше, чем у соседних автономных

СЭС, а загрузка общей сверхвысоковольтной линии электропередачи увеличилась примерно на 20%.

Крупным сегментом балансировки выступают ГАЭС, мировая мощность которых в 2025 году перешагнула отметку 200 ГВт (42,8% всех глобальных мощностей хранения против 54,9%, или 272,4 ГВт, у литий-ионных батарей). При этом разные технологии дополняют друг друга: электрохимические накопители (в 2025 году введено 112 ГВт) срабатывают за миллисекунды и закрывают короткие циклы длительностью два-четыре часа, тогда как ГАЭС рассчитаны на хранение энергии от шести-двенадцати часов до нескольких суток. По данным китайского рынка, приведенная стоимость хранения электроэнергии на ГАЭС составляет $0,030–0,045 за кВт ч – это самый низкий показатель среди всех технологий (против $0,060–0,075 у литий-ионных батарей, $0,045–0,075 у систем на сжатом воздухе и $0,105–0,255 у водородных накопителей). Сдерживающими факторами остаются жесткая привязка к рельефу и долгий цикл строительства – пять-семь лет против полугода-года у батарей. Для ускорения отдачи инженеры достраивают обратимые насос-турбинные блоки на действующих каскадах ГЭС (гибридные ГАЭС), модернизируют существующие турбины под широкий диапазон нагрузок (30–100%) и внедряют агрегаты с переменной скоростью вращения, позволяющие раздельно регулировать частоту и напряжение. В КНР к концу 2025 года работали 56 ГАЭС суммарной мощностью 65,9 ГВт, а общий портфель действующих и строящихся проектов достиг 295 ГВт; так, станция «Фэннин» мощностью 3,6 ГВт способна переключаться между закачкой и выработкой до 13 раз в день, обеспечивая суточный оборот до 59,07 ГВт ч.

Сами по себе гидроресурсы не отменяют модернизации сетей, строительство которых занимает до 17 лет в Европе, усугубляясь дефицитом оборудования – в 2026 году глобальный разрыв между спросом и предложением трансформаторов оценивался в 2080 ГВА. По оценкам IRENA, ежегодные мировые инвестиции в электросети должны удвоиться – с $0,5 трлн в 2025 году до $1 трлн в 2026–2035 годах. Пока строятся новые магистрали, операторы внедряют технологии повышения отдачи действующих линий: динамический мониторинг нагрузки по погодным условиям повышает их пропускную способность до 30%, а замена обычных проводов на высокотемпературные композитные – на 25–200%. Установка модульных контроллеров потоков мощности на трех подстанциях в Великобритании позволила подключить 1,5 ГВт новых станций и сэкономить около $500 млн за семь лет, а в Италии гибкое управление спросом позволит распределительным компаниям избежать почти $750 млн капитальных затрат за десятилетие. Там, где география не позволяет строить ГЭС, физическую инерцию восполняют синхронными компенсаторами, агрегаторами спроса вроде виртуальной электростанции в Шэньчжэне (управляет более

чем 5 ГВт ресурсов) и накопителями с функцией формирования сети – таким как комплекс «Баочи» (200 МВт / 400 МВт ч) в провинции Юньнань. Последовательное обновление сетевых стандартов уже позволило изолированной энергосистеме Ирландии поднять порог одновременного присутствия ветровой и солнечной генерации с 50% до 75% с планом выйти на 95% к 2030 году.

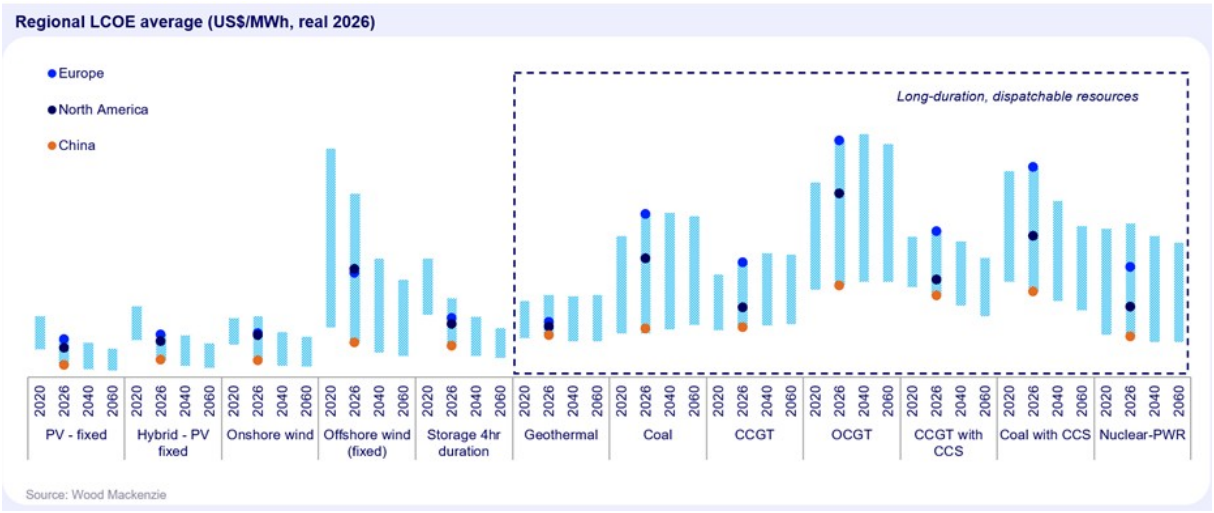
Авторы отчета приходят к выводу, что технологические решения уже готовы к масштабированию, но их тормозят регуляторные и финансовые барьеры. По оценке Всемирного банка, 60% из 182 энергокомпаний в развивающихся экономиках не покрывают тарифами свои операционные и долговые расходы, а накопители на ряде рынков до сих пор платят сетевой тариф дважды – при зарядке и при отдаче в сеть. Для привлечения частного капитала регуляторам приходится вводить долгосрочные контракты на доступность сетей (по модели BOT в Индии и Бразилии) и оплачивать услуги по удержанию частоты и инерции. В 2025 году Китай закрепил в правилах рынка системных услуг принцип «кто получает выгоду, тот и несет расходы», открыв доступ к доходам для ГАЭС, батарей и виртуальных электростанций, а Великобритания запустила специализированный рынок услуг стабильности. Экономию приносит и трансграничная интеграция: единая платформа суточных торгов электроэнергией Single Day-Ahead Coupling в 27 странах Европы в 2025 году дала около $35,85 млрд социально-экономического эффекта. При выборе стратегии, резюмируют в IRENA и CREEI, странам придется опираться на собственный ресурсный профиль – делая ставку на каскады ГЭС и ГАЭС там, где позволяет рельеф, или на батареи и умные сети, но в любом случае планируя сети и балансировку синхронно с новой генерацией.

Системы хранения энергии

Четырёхчасовые накопители энергии дешевле пиковых газовых электростанции — Wood Mackenzie[17]

Согласно новому отчету компании Wood Mackenzie о приведенной стоимости электроэнергии (LCOE) разных технологий генерации, четырёхчасовые аккумуляторные системы накопления энергии (СНЭ) сегодня дешевле пиковых газовых электростанций на всех 43 рынках, где смоделировано присутствие обеих технологий.

Авторы показывают, что солнечная и ветровая энергетика обеспечивают самый низкий LCOE на всех исследованных рынках. В том числе солнечные электростанции с одноосными трекерами производят самую дешёвую электроэнергию на 43 из 48 рынков, а наземные ветровые электростанции на пяти оставшихся.



Стоимость разных технологий генерации

На наиболее конкурентных рынках, в Саудовской Аравии и ОАЭ, стоимость солнечной энергии к 2033 году может упасть ниже 20 долларов США за МВт*ч, прогнозирует Wood Mackenzie.

[17] Источник: https://renen.ru/chetyryohchasovye-nakopiteli-energii-deshevle-pikovyh-gazovyh-elektrostantsii-wood-mackenzie/ Опубликовано 12.10.2026

Китай лидирует в мире по стоимости крупномасштабного хранения энергии с эталонной LCOE, которая более чем на 55% ниже среднего показателя по остальной части Азиатско-Тихоокеанского региона в 134 доллара США/МВт ч. Это обусловлено интеграцией внутренней цепочки поставок и масштабами производств. Ожидается, что поставки китайской дешёвой продукции снизят средний показатель по остальной части Азиатско-Тихоокеанского региона до 92 долларов США/МВт ч к 2036 году.

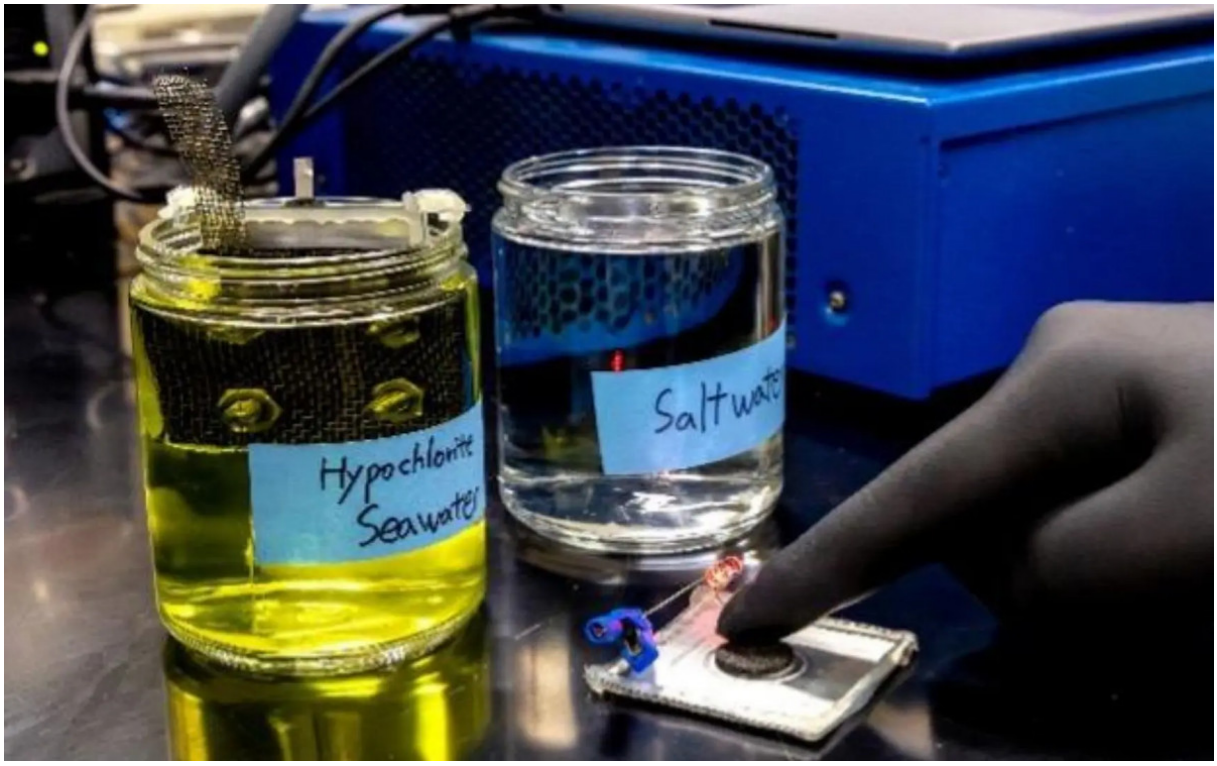
В Северной Америке инвестиции в газогенерирующие мощности вступают в период дефицита предложения до конца 2030-х годов, что обусловлено ростом нагрузок от центров обработки данных. Это приводит к росту капитальных затрат тепловой генерации и укрепляет долгосрочные экономические аргументы в пользу возобновляемых источников энергии и систем хранения.

На Ближнем Востоке и в Африке стоимость аккумуляторного хранения энергии в настоящее время намного ниже, чем пиковая газовая генерация по всему региону. Четырехчасовое хранение сегодня стоит 120 долларов США/МВт ч и, по прогнозам, снизится на 33% до 80 долларов США/МВт ч к 2035 году, что закрепит роль СНЭ в качестве технологии, обеспечивающей интеграцию солнечной и ветровой энергии. Этот сдвиг означает, что хранение вытесняет газовые турбины на каждом газовом рынке по всему региону, что знаменует собой значительный структурный поворотный момент для планирования энергетических систем как в Персидском заливе, так и в Африке.

Ещё в 2019 году глава одной американской энергокомпании заявлял: «Кто в здравом уме сегодня станет строить новую пиковую газовую электростанцию?» Тогда это звучало несколько самонадеянно, однако сегодня, когда цены на батареи сильно упали, экономические преимущества накопителей стали очевидными.

В основе новых эффективных и дешевых батарей лежит обычная соленая вода с отбеливателем[18]

Исследователи из Национальной лаборатории Оук Ридж Министерства энергетики США разработали новый тип батарей, возможности которых близки к литий-ионным, но сами батареи несравнимо проще и дешевле. Ученые превратили главный недостаток уже известных накопителей с электролитом из соленой воды в преимущество. Химики обратили внимание на то, что энергетика негативного побочного эффекта выше, чем у основного процесса, и решили не подавлять его, а усилить.



В старых водно-солевых батареях реакция протекала с участием кислорода, что требовало перехода из жидкой фазы в газообразную – а также дорогих катализаторов. И все равно процесс шел медленно, а выходная мощность была ограничена. В частности, потому что параллельно образовывался гипохлорит натрия, который широко используется в быту в каче-

[18] Источник: https://www.techcult.ru/technology/16865-solenaya-voda-s-otbelivatelem Опубликовано 8.09.2026

стве отбеливателя. Химик Усок Го решил проверить гипотезу и добавил в электролит еще больше отбеливателя, доведя его долю до 5 %.

Теперь реакция изменилась, начался окислительно-восстановительный процесс гипохлорита/хлорида, с непрерывным переключением между ионами хлорида и гипохлорита во время циклов заряда и разряда. Исчез фазовый переход, весь процесс теперь происходит в жидкости и гораздо быстрее. А катализаторы убрали вовсе – и тем самым в разы снизили себестоимость установки. Дополнительный бонус – жидкость сама тяготеет к комнатной температуре, такую батарею не нужно принудительно охлаждать.

Батареи на соляном растворе все еще остаются громоздкими, но это не имеет значения, когда речь заходит о стационарных системах. По сути, нужно просто построить рядом с электростанцией несколько бассейнов, которые смогут запасать излишки энергии, а потом оперативно их отдавать. Идея оказалась настолько привлекательной, что компания Coulomb Technology уже занялась ее коммерциализацией. Предполагается, что такие батареи очень пригодятся для обслуживания многочисленных строящихся ЦОД для ИИ. А еще их можно ставить на крупные морские суда, где нет проблем с доступом к соленой воде.

Самый ёмкий в мире «аккумулятор» на сжатом углекислом на 1000 МВт·ч рассчитан на 30 лет работы, а КПД превышает 92%[19]

China Huadian впервые подключила к электросети крупную систему накопления энергии на сжатом углекислом газе мощностью 100 МВт и ёмкостью 1000 МВт·ч, а автономность составляет 10 часов. Комплекс занимает около 565 000 м² и входит в проект возобновляемой энергетики, включающий ветропарки на 600 МВт и солнечные станции на 400 МВт.

Установка использует замкнутый термодинамический цикл с CO_2. При зарядке компрессоры сжимают газ, а выделяющееся тепло сохраняется для последующего использования. Затем углекислый газ охлаждают и переводят в жидкое состояние, помещая в специальные резервуары. При

[19] Источник: https://www.ixbt.com/news/2026/10/17/samyi-emkii-v-mire-akkumuliator-na-szatom-uglekislom-na-1000-mvtc-rasscitan-na-30-let-raboty-a-kpd-prevysaet-92.html Опубликовано 17.10.2026

выработке электричества жидкость испаряется, нагревается за счёт накопленного тепла и проходит через турбину, приводящую генератор. В отличие от традиционных систем хранения сжатого воздуха, такая технология не требует подземных соляных каверн, хотя нуждается в значительной наземной инфраструктуре. Проект предусматривает пять газовых хранилищ, 141 резервуар для жидкого CO_2 и 97 тепловых накопителей.



Разработку создала исследовательская группа под руководством профессора Се Юнхуэя из Сианьского университета Цзяотун, а коммерциализацией занималась компания Exax Energy. По данным China Huadian, расчётный КПД турбины превышает 92%, а срок службы системы должен составить не менее 30 лет. Этот показатель относится только к турбине, а не ко всему циклу хранения и возврата электроэнергии. После выхода на полную мощность комплекс сможет вырабатывать около 200 ГВт·ч в год, сокращая потребление стандартного угля примерно на 50 000 тонн и выбросы CO_2 на 170 000 тонн ежегодно.

Новый электролит для натриевой батареи сохранил 90% емкости после 1000 циклов[20]

Исследователи из Южной Кореи разработали полимерный электролит, который может повысить безопасность и долговечность натрий-металлических аккумуляторов. Такие батареи рассматривают как альтернативу литий-ионным системам благодаря распространенности и относительной дешевизне натрия. В испытаниях аккумулятор с новым электролитом сохранил 90,4% начальной емкости после 1000 циклов зарядки и разрядки.

Практическому применению натрий-металлических батарей пока мешают проблемы с безопасностью и стабильностью. Металлический натрий отличается высокой химической активностью и может вступать в нежелательные реакции с обычными жидкими электролитами. Кроме того, на поверхности электрода металлическое вещество осаждается неравномерно, образуя дендриты, которые могут повредить аккумулятор и повысить риск короткого замыкания.

Чтобы решить эти проблемы, исследователи разработали электролит на основе полимеризованного глубокого эвтектического растворителя (PDES). В состав растворителя вошли три компонента: перхлорат натрия ($NaClO_4$), N-изопропилакриламид (NIPAM) и сукцинонитрил (SN). Они взаимодействуют посредством водородных связей и ионно-дипольных взаимодействий. Перхлорат натрия служит источником ионов натрия, NIPAM участвует в формировании полимерной структуры, а сукцинонитрил повышает гибкость смеси и способствует разделению ионов.

На следующем этапе ученые провели полимеризацию смеси. В результате образовалась прочная матрица, которая помогает удерживать электролит и предотвращать его утечку, сохраняя при этом способность проводить ионы натрия. Оптимизированный состав обеспечил ионную проводимость 1,39 мСм/см при температуре 30°C, а число переноса ионов натрия составило 0,58. Это означает, что на натриевые ионы приходится значительная доля заряда, переносимого через электролит. Таким образом, разработчикам удалось совместить устойчивую полимерную структуру с эффективным переносом ионов.

В испытаниях полноценных аккумуляторных элементов начальная разрядная емкость составила 110,2 мА·ч/г при скорости разряда 0,1C, а ку-

[20] Источник: https://hightech.plus/2026/11/04/novii-elektrolit-dlya-natrievoi-batarei-sohranil-90-emkosti-posle-1000-ciklov Опубликовано 4.11.2026

лоновская эффективность приблизилась к 99%. При скорости разряда 2C батарея сохранила 90,4% емкости после 1000 циклов.

Электролит также помог сформировать стабильную границу между электродом и электролитом, что уменьшило побочные реакции и неравномерное осаждение натрия. Кроме того, электролит продемонстрировал устойчивость к воспламенению при воздействии пламени и снизил риск утечки. В демонстрационном эксперименте пакетный элемент продолжал питать светодиод даже после сгибания и разрезания.

Полимерный электролит может помочь преодолеть некоторые ограничения натрий-металлических аккумуляторов. Это потенциально приблизит такие батареи к практическому применению, однако их характеристики еще предстоит проверить на более крупных элементах и в условиях реальной эксплуатации.

Инновационные решения в энергетике

Начались функциональные испытания первой системы накопления энергии на маховике[21]

Быстрое распространение ветровых и солнечных ферм повышает спрос на системы накопления, однако ненадежный характер выработки возобновляемой энергии делает их непригодными для прямого подключения к сети. Американский производитель систем накопления энергии на основе маховиков Qnetic приступил к испытаниям Pulsar – прототипа емкостью 200 кВт·ч. Тестирование должно подтвердить надежность и безопасность аккумулятора перед переходом к более высоким скоростям вращения.

Хотя литий-ионные батареи – лучшее из имеющихся решений с точки зрения емкости, они крайне дороги и имеют ограниченный срок службы. Исследователи ищут альтернативы. Накопители энергии на маховиках – один из претендентов на эту роль, поскольку предлагает дешевые и масштабируемые варианты. Аккумулятор Pulsar компании Qnetic состоит из маховика, или тяжелого ротора, способного вращаться со сверхзвуковой скоростью в бесфрикционной вакуумной камере. Поступающая электроэнергия используется для разгона маховика и накапливается в виде кинетического движения, а не химических реакций, как в литий-ионной батарее.

Когда спрос на электроэнергию возрастает, ротор можно замедлить, подключив его к генератору, который преобразует кинетическое движение в электрический заряд, подаваемый в сеть по требованию.

Объем запасаемой энергии предъявляет высокие требования к механическим системам. Недавно Qnetic завершила первые 100 непрерывных циклов заряда-разряда без отказов и деградации – ключевой показатель надежности. Кроме того, двигатель выдал 130 кВт мощности с КПД 97,3% при скорости свыше 11 000 оборотов в минуту, что подтвердило эффективность технологии преобразования энергии.

---

[21] Источник: https://hightech.plus/2026/09/23/nachalis-funkcionalnie-ispitaniya-pervoi-sistemi-nakopleniya-energii-na-mahovike Опубликовано 23.09.2026

Летом Pulsar успешно прошел множество компонентных и структурных испытаний, которые должны были подтвердить готовность системы к работе на полной скорости. Эти тесты еще впереди, сообщает IE.

Новый подход преобразует в электричество 90% энергии морских волн[22]

Группа исследователей из Австралии и Германии разработала новый метод, который может сделать доступной для преобразования в электричество 90% энергии морских волн. Команда выяснила, что тонкая настройка каждого буя в системе из 50-100 штук под конкретные характеристики волны сделает работу электростанций на поверхности океанов намного эффективнее.

Проект выполнили специалисты из Аугсбургского университета вместе с коллегами из Университета Аделаиды и Университета Мельбурна. Они смоделировали работу крупных ферм, вырабатывающих энергию волн океана, из 50-100 соединенных между собой буев. Новый подход, по мнению ученых, позволит поддерживать высокую выработку при изменении частоты и направления волн.

«Например, можно использовать специальные буи, закрепленные на морском дне, – сказал Мальте Петер. – Их поднимают волны, а затем они снова опускаются. Это постоянное движение вверх-вниз приводит в действие своего рода динамо, вырабатывающее электричество».

Когда волны проходят через ферму, буи оказывают на них свое воздействие за счет эффектов рассеяния и экранирования. В результате буй в передней части фермы может испытывать совсем иные волны, чем тот, что находится позади. У буев есть предпочтительный ритм движения вверх-вниз, так называемая резонансная частота. Современные волновые энергетические буи позволяют регулировать эту резонансную частоту в определенных пределах. Кроме того, можно регулировать сопротивление генератора, приводимого в движение буем.

В рамках исследования ученые оптимизировали параметры для каждого буя на ферме из 50 или 100 устройств, расположенных в шахматном порядке. Они также учли положение каждого устройства и его взаимодействие с окружающими волнами. Симуляции показали, что стратегия рабо-

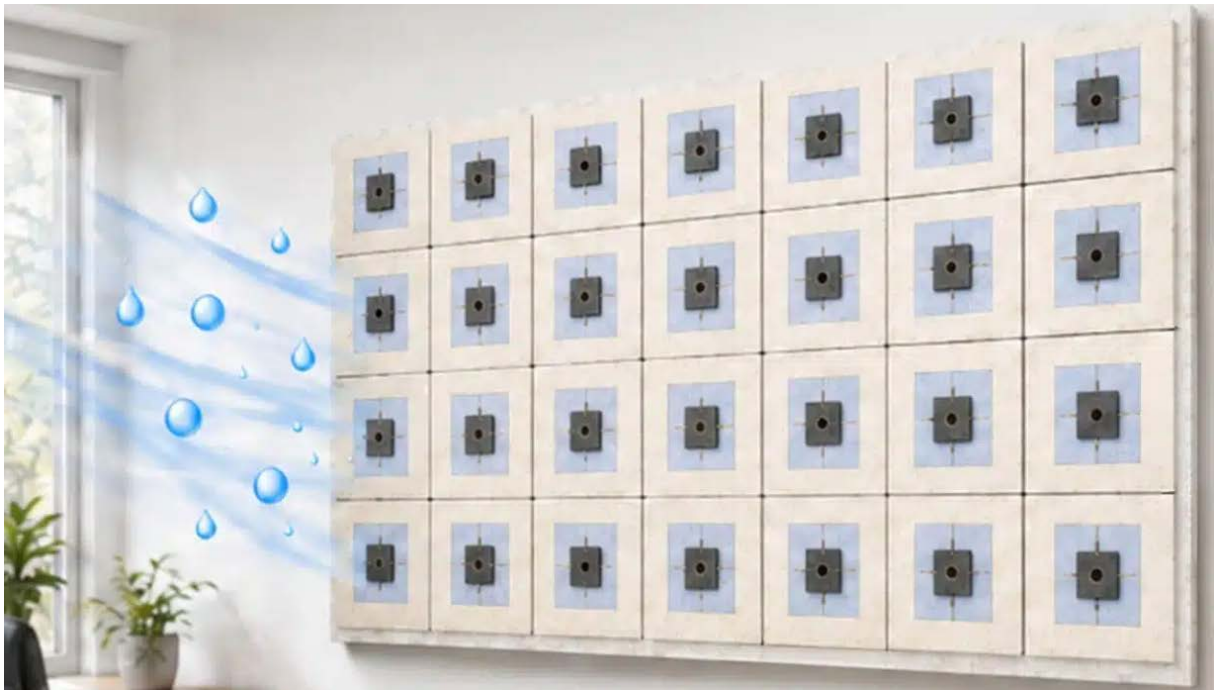
[22] Источник: https://hightech.plus/2026/09/22/novii-podhod-preobrazuet-v-elektrichestvo-90-energii-morskih-voln Опубликовано 22.09.2026

тала в удивительно широком диапазоне волновых частот. Кроме того, система сохраняла схожую производительность независимо от того, приходили волны быстро или медленно, а изменения направления входящих волн почти не влияли на результат.

Более того, около 90% энергии, содержащейся во входящих волнах, можно было преобразовать в электричество. Некоторые такие буи могут достигать размера небольшого дома и вырабатывать достаточно энергии для снабжения нескольких сотен домохозяйств, сообщает IE.

Ученые создали обои, вырабатывающие электричество из влаги в воздухе[23]

Небольшие домашние устройства не требуют много энергии, но их батарейки все равно приходится менять. Американские инженеры создали бумажные обои, которые вырабатывают электричество из влаги в воздухе, и собрали из них панель, способную питать беспроводную клавиатуру.



Принцип действия обоев, вырабатывающих электричество из влаги в воздухе

[23] Источник: https://naked-science.ru/article/hi-tech/electro-oboi Опубликовано 30.09.2026

В домах появляется все больше небольших устройств, которым требуется питание: от датчиков температуры до беспроводной клавиатуры. Их энергопотребление невелико, но батарейки приходится менять, а подключение к розетке ограничивает место установки. Поэтому инженеры ищут способы собирать энергию прямо из окружающей среды. Одним из ее источников может стать влага в воздухе.

Получение электричества из атмосферной влаги изучают давно. В 2020 году ученые предложили генератор из тонкой пленки белковых нанонитей, полученных от бактерий. Внутри нее возникала устойчивая разница в содержании воды, благодаря которой устройство вырабатывало ток. Исследователи получили напряжение около половины вольта и показали, что соединение нескольких элементов позволяет питать электронику.

Однако между работающим элементом и удобным источником питания остается большой разрыв. Для покрытия стены важен и внешний вид: видимые провода и выступающие детали плохо сочетаются с обычной отделкой.

Исследователи из Бингемтонского университета (США) предложили использовать для этого бумажное покрытие стен и показали, что большая панель таких генераторов может питать электронные устройства, такие как клавиатура. Они разработали систему, в которой разные участки одного бумажного листа выполняют разные функции. То есть одни участки поглощают, а другие испаряют воду, чтобы она двигалась через материал в заданном направлении. Результаты опубликовал журнал Advanced Energy Materials.

Поглощенная влага способствует появлению и перемещению ионов – электрически заряженных частиц. Если их концентрация в разных частях материала неодинакова, возникают разделение зарядов и напряжение, которое можно использовать во внешней цепи. Поэтому конструкция должна поддерживать различия между своими участками, обеспечивая направленный перенос влаги.

Края генератора обработали глицерином, который помогает захватывать воду из воздуха. Ближе к центру разместили полимерный материал, а центральную область покрыли восковым слоем, управляющим отдачей влаги и испарением. Таким образом, вода поступает через периферию и направляется к центру. По замыслу физиков, такую конструкцию в дальнейшем можно будет изготавливать печатными методами.

Контакты вывели через отверстия в бумаге, а проводники разместили на обратной стороне покрытия. Это позволило объединить множество генераторов, сохранив лицевую поверхность свободной от проводов. В

итоге удалось создать цельную панель из 1596 элементов, которая питала беспроводную клавиатуру.

Отметим, что клавиатура остается примером конкретного применения. Такой опыт не означает, что покрытие может обеспечивать электричеством бытовую технику или весь дом. Ученые также рассматривают обои как поверхность, помогающую смягчать колебания влажности за счет поглощения и отдачи воды. Но возможность управлять микроклиматом всей комнаты требует отдельной проверки.

В Канзасе построят крупнейшую в мире систему хранения энергии в углеродных блоках[24]

Канзасское биохимическое предприятие Pratt Energy планирует использовать тепловую батарею емкостью на 5,8 6 ГВт ч для круглосуточного снабжения своего завода по производству этанола. Проект, за реализацию которого отвечает компания Antora Energy, должен стать после завершения одной из самых крупных систем накопления энергии в мире и одной из самых дешевых – стоимость материала для блоков аккумулирования тепла всего $1 за кВт ч, что в 50 раз дешевле, чем у литий-ионных батарей.

Компактная модульная установка способна накапливать энергию в течение нескольких дней и призвана обеспечить предприятие доступной и надежной энергией. Технология заключается в использовании блоков твердого углерода, аккумулирующих энергию в виде тепла при температурах до 2400°C в рамках компактной модульной системы. Высокая теплопроводность углерода обеспечивает сверхбыструю зарядку, позволяющую оперативно аккумулировать электроэнергию в часы, когда ее выработка обходится дешевле всего. А высокие температуры позволяют системе непрерывно обеспечивать промышленные потребности в течение многих дней. Тепло, которое отдает такая батарея, направляется на нужды промышленных процессов или используется в сочетании со стандартным оборудованием паровых турбин, сообщает IE.

Материал для блоков – один из самых дешевых среди тех, которые используются для аккумулирования тепла: всего $1 за кВт ч, что приблизительно в 50 раз дешевле, чем у литий-ионной батареи. Вдобавок, благо-

[24] Источник: https://hightech.plus/2026/10/07/v-kanzase-postroyat-krupneishuyu-v-mire-sistemu-hraneniya-energii-v-uglerodnih-blokah Опубликовано 7.10.2026

даря высокой плотности энергии блоки легко перевозить. И еще: по мере накопления тепла у твердого углерода повышается теплопроводность и механическая прочность, что придает материалу способность быстро абсорбировать большой объем энергии. К тому же, блоки сохраняют твердое состояние при температуре до 3000°C, что позволяет обойти ряд проблем, с которыми сталкиваются другие носители тепла, например, расплавы солей.

По соглашению, система накопления энергии, которую построит стартап Antora Energy на территории завода Pratt Energy, начнет круглосуточно накапливать и выдавать энергию в 2027 году. Емкость аккумулятора составит 5,8 Гвт·ч. Для биохимического предприятия это возможность снизить свой углеродный след.

По заявлению Antora, развертывание системы, как ожидается, потребует лишь незначительного дополнительного расхода воды сверх текущих нужд завода. Кроме того, батарея будет работать без повышения уровня шума.

На дне Тихого океана испытали электростанцию, работающую на тепле вулкана[25]

Американский стартап Endurance Energy впервые продемонстрировал полный цикл работы подводной геотермальной электростанции: от бурения скважины на морском дне до выработки электричества и дистанционного управления оборудованием с берега. Во время испытаний у побережья Орегона установка выдавала больше энергии, чем потребляла, в течение 8,7 секунды.

Испытания проходили на подводной горе Аксиал в Тихом океане, примерно в 480 км от побережья Орегона. Это действующий подводный вулкан, расположенный на глубине около 1500 м. В его районе горячая вода выходит из недр Земли через гидротермальные источники.

За три недели инженеры пробурили две близко расположенные скважины. В обеих обнаружили горячую гидротермальную жидкость. Одну из скважин оборудовали стальной трубой, закрепили ее цементом и

[25] Источник: https://naukatv.ru/news/na_dne_tikhogo_okeana_ispytali_elektrostantsiyu_rabotayuschuyu_na_teple_vulkana Опубликовано 21.10.2026

установили клапан для регулирования потока. После завершения работ из нее поступала вода температурой около 260 °C.

Затем на морское дно опустили трехтонную испытательную установку Adélie. Она должна была преобразовывать тепло горячей жидкости в электричество. Для этого тепло передается рабочему веществу, которое приводит в движение турбину, соединенную с электрогенератором.

Однако новая скважина оказалась слишком узкой для необходимого потока жидкости, поэтому запустить электростанцию от нее не удалось. Команда переместила установку к расположенному поблизости естественному гидротермальному источнику, где температура воды достигала примерно 281 °C.

27 сентября турбина разогналась до 26 000 оборотов в минуту. За время работы система выработала больше электроэнергии, чем потребила на собственные нужды. Положительный баланс сохранялся 8,7 секунды, а средняя чистая мощность за этот период составила около 2 кВт. В пике установка выдавала 16,5 кВт – этого хватило бы, например, для одновременной работы нескольких бытовых обогревателей

Это важное различие: установка работала дольше, но лишь на протяжении нескольких секунд производила избыток энергии. Испытание показало, что подводная геотермальная система в принципе способна обеспечивать себя электричеством и отдавать остаток наружу. До полноценной электростанции, способной стабильно снабжать потребителей, ее еще нужно доработать.

«Главный вопрос заключался в том, сможет ли система вырабатывать больше энергии, чем потребляет. Adélie справилась с этой задачей», – заявил основатель и генеральный директор Endurance Energy Эндрю Редд.

Еще одним результатом испытаний стала проверка дистанционного управления. Операторы в Сиэтле могли запускать и останавливать оборудование, следить за температурой и давлением и получать данные с глубины около полутора километров.

Связь обеспечивала подводная волоконно-оптическая сеть Regional Cabled Array, работающая при поддержке Национального научного фонда США. Она позволяла передавать команды и данные между электростанцией и операторами на берегу в режиме реального времени.

Вместе с тем испытания выявили технические проблемы. Работа установки прекратилась после срабатывания защиты аккумулятора от чрезмерного тока. При следующей попытке запуска примерно через десять минут отказал кабель питания насоса, из-за чего пришлось завершить погружение. Инженерам также предстоит решить проблемы с пропускной

способностью скважин, передачей тепла и накоплением минеральных отложений.

Endurance Energy разрабатывает технологию, которая позволит получать непрерывную электроэнергию из тепла земных недр под океанским дном. В отличие от солнечных панелей и ветрогенераторов, такие установки не зависят от погоды и времени суток.

Компания планирует усовершенствовать Adélie и испытать новую версию установки, рассчитанную на более высокую мощность и продолжительную работу. Параллельно стартап разрабатывает коммерческий генератор мощностью 2 МВт. Первый коммерческий проект компания готовит в государстве Тонга в Тихом океане, где рассчитывает начать выработку электричества в 2027 году.

Пока речь идет о раннем этапе разработки. Короткий успешный запуск подтвердил работоспособность основного принципа, но для практического применения инженерам предстоит обеспечить длительную работу оборудования в агрессивной морской среде и добиться устойчивой выработки энергии.

В Китае запустили крупнейшую в мире систему накопления энергии на основе сжиженного воздуха мощностью 60 мегаватт[26]

В провинции Цинхай на северо-западе Китая подключили к энергосети установку накопления энергии на основе сжиженного воздуха мощностью 60 мегаватт. В конце прошлой неделе объект начал вырабатывать электроэнергию.

Объект расположен в городе Голмуд. Его строительство и финансирование обеспечила компания China Green Development Investment Group (CGDG). По заявлению компании, установка стала крупнейшей в мире системой накопления энергии такого типа по установленной мощности.

Запуск проекта – важный этап в реализации планов Китая по развитию технологий хранения энергии, необходимых для энергосистемы с растущей долей возобновляемых источников.

[26] Источник: https://naked-science.ru/community/1225396 Опубликовано 2.11.2026



Установленная мощность комплекса составляет 60 мегаватт. По данным компании, ежедневно он сможет накапливать около 600 тысяч киловатт-часов электроэнергии, полученной из экологически чистых источников. Ожидается, что годовая выработка достигнет примерно 180 миллионов киловатт-часов – этого достаточно для обеспечения электричеством около 30 тысяч домохозяйств в течение года.

Накопление энергии с помощью сжиженного воздуха – сравнительно новая технология длительного хранения электроэнергии. В периоды низкого спроса электричество используется для сжатия и охлаждения воздуха до тех пор, пока он не перейдет в жидкое состояние. Когда возникает потребность в энергии, сжиженный воздух нагревают и расширяют. Образующийся поток приводит в движение турбины, которые вырабатывают электричество.

В отличие от гидроаккумулирующих электростанций, такая система не требует особых географических условий для размещения. По сравнению с аккумуляторными батареями технология, как отмечается, обладает преимуществами с точки зрения масштабируемости, продолжительности хранения энергии и срока службы оборудования.

По данным CGDG, на объекте в Голмуде применяется технология глубокого охлаждения, позволяющая сжижать воздух при температуре минус 194°C. Компания заявляет о полной локализации производства оборудования: все компоненты установки изготовлены в Китае. Кроме того, в

проекте используются технологии, на которые CGDG обладает независимыми правами интеллектуальной собственности.

Компания утверждает, что комплекс занимает первое место в мире среди установок накопления энергии на основе сжиженного воздуха как по мощности, так и по емкости хранения.

В Китае запущена первая в мире система электропитания постоянного тока 800 В для дата-центров ИИ[27]

Китайская компания Envision Energy внедрила первую в мире полностью интегрированную систему электропитания постоянного тока напряжением 800 вольт в крупном центре обработки данных для задач искусственного интеллекта (ИИ). Платформа объединяет твердотельные трансформаторы, системы накопления энергии и интеллектуальные средства управления, сокращая потери энергии, снижаея затраты на инфраструктуру и позволяя разместить на той же площади более мощные серверы.

По мере роста дата-центров для нужд ИИ увеличивается и их потребность в электроэнергии. Согласно прогнозам, к 2030 году глобальный спрос на электроэнергию для центров обработки данных (ЦОД) может увеличиться на 160%. Более того, к 2027 году одним только дата-центрам по всему миру может потребоваться до 68 гигаватт мощности. Однако эффективная подача этой энергии остается сложнейшей задачей. В традиционных системах электроснабжения ЦОД для передачи электричества от внешней сети к серверам используется несколько этапов преобразования. Эти этапы требуют дополнительного оборудования, кабелей и пространства, пишет PV Magazine.

Для решения этих задач компания Envision разработала новую систему, способную преобразовывать электроэнергию, поступающую по линии среднего напряжения (10 кВ), непосредственно в постоянный ток напряжением 800 В. Это позволяет сократить потребность в дополнительном оборудовании и медных кабелях, освобождая больше места для вычислительной техники.

[27] Источник: https://hightech.plus/2026/11/03/v-kitae-zapushena-pervaya-v-mire-sistema-elektropitaniya-postoyannogo-toka-800-v-dlya-data-centrov Опубликовано 3.11.2026

Для обеспечения стабильного электроснабжения компания интегрировала твердотельные трансформаторы с аккумуляторными системами хранения энергии. Аккумуляторы способны за считанные секунды реагировать на резкие изменения спроса на электроэнергию, а также обеспечивать резервное питание в течение нескольких минут.

Параллельно контроллер Envision Dubhe координирует работу трансформаторов и аккумуляторов с помощью базовой энергетической модели Dubhe. Благодаря этому система может реагировать на быстрые изменения спроса на электроэнергию за миллисекунды.

Сейчас система обеспечивает энергоснабжение вычислительных мощностей в дата-центре Galaxy AI, расположенном в городском округе Уланчаб (Внутренняя Монголия). Кампус дата-центров Galaxy AI начал свою работу в августе 2026 года. Его проектная мощность составляет 3 ГВт. Ожидается, что после завершения строительства всех очередей объект сможет поддерживать одновременную работу до одного миллиона ускорителей, выполняющих вычисления для ИИ.

В будущем компания планирует обеспечивать более 80% потребностей кампуса в электроэнергии за счет прямых подключений к источникам возобновляемой энергии.

Этим летом калифорнийский стартап Valar Atomics впервые запитал компьютер с новейшей видеокартой Nvidia от портативного модульного атомного реактора. Работая на 37% от номинальной мощности, реактор Ward 250 обеспечил достаточно энергии деления, чтобы полученный в итоге сложного преобразования электрический ток поддерживал стабильную работу ИИ-чипа.

Испытан первый в мире полупроводниковый модуль на мегаватт коммутируемой мощности[28]

В Гонконгском университете разработали силовой модуль на полупроводнике со сверхширокой запрещенной зоной (UWBG). Впечатляющие параметры его испытаний приведены на страницах Nature Communications.

[28] Источник: https://naukatv.ru/news/ispytan_pervyj_v_mire_poluprovodnikovyj_modul_na_megavatt_kommutiruemoj_moschnosti Опубликовано 9.11.2026



Кремниевые полупроводниковые приборы, коммутирующие большую мощность, приближаются к своим физическим пределам. Большие надежды в этом плане инженеры возлагают на полупроводники с широкой запрещенной зоной, такие как карбид кремния и нитрид галлия, потому что они легко выдерживают экстремальные электрические поля.

Еще более перспективный материал – UWBG оксид галлия Ga_2O_3. Но он очень плохо отводит тепло, что затрудняет построение сборок и каскадирование приборов в одном корпусе.

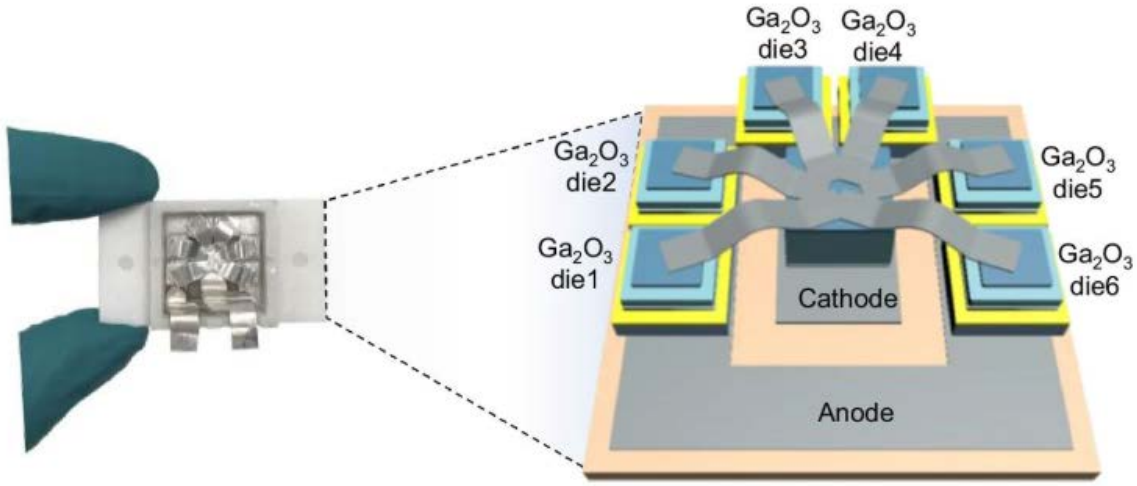
«Мы показали, что тепловые ограничения оксида галлия вовсе не обязательно мешают ему достигать очень высоких уровней мощности, Вместо того чтобы рассматривать полупроводниковый прибор и его корпус по отдельности, мы проектировали их как единую систему. Такая совместная оптимизация прибора и упаковки позволила нам одновременно управлять электрическим полем, тепловым потоком и механическими напряжениями», – пояснил профессор Чжан Юхао, руководивший исследованием.

Авторы разработали новую архитектуру «охлаждения со стороны перехода», при которой нагревающаяся часть полупроводника располагается близко к пути отвода тепла. Кроме того, ввели изолирующий слой с высокой диэлектрической проницаемостью, который помогает перераспределять электрическое поле вокруг прибора. Вместе эти решения позволяют теплу уходить эффективнее и одновременно повышают максимальное напряжение, которое способен выдержать прибор.

Одиночный корпусированный диод на Ga_2O_3 смог проводить ток 234 ампера при обратном напряжении 1000 вольт в импульсном режиме,

сохраняя работоспособность при температуре перехода выше 250 °C; напряжение необратимого пробоя у него превысило 2000 В.

Шесть кристаллов собрали в сборку, которая продолжительное время коммутировала ток 1000 А при напряжении 1000 В на частоте 1 кГц.



«Это первый случай, когда многокристальный модуль на полупроводнике со сверхширокой запрещенной зоной достиг мегаваттного уровня мощности. Результат дает масштабируемый подход к превращению исключительных свойств UWBG в практические мощные системы», – подчеркнул ведущий автор исследования Гон Хехе.

Диодная сборка на мегаватт коммутируемой мощности – это лишь первый шаг на пути в тысячу ли. В перспективе на основе оксида галлия будут созданы силовые транзисторы для работы в энергосистемах, питания ускорителей и управления термоядерными реакторами.

Верстка и дизайн: Беглов И.Ф., Дегтярева А.С.

Подготовлено к печати
в Научно-информационном центре МКВК

Республика Узбекистан, 100 187,
г. Ташкент, м-в Карасу-4, д. 11А

sic.icwc-aral.uz