



Концепция развития рынка
систем хранения электроэнергии
в Российской Федерации

Основные положения Концепции развития рынка систем хранения э/э

1. Объем Российского рынка систем хранения э/э с 2025 г. может составить **\$8 млрд. в год**, что даст экономике страны эффект (за вычетом инвестиций) в **\$10 млрд. в год**.
2. Наиболее перспективными для России являются следующие сценарии (направления) развития рынка:
 - **«Интернет энергии»** - использование систем хранения электроэнергии в составе распределенной энергетики
 - **«Новая Генеральная схема»** - использование систем хранения электроэнергии в составе крупной централизованной энергетики
 - **«Экспорт водорода»** - аккумулирование электроэнергии в водородном цикле
3. Среднесрочные приоритеты промышленной политики:
 - Развитие инженерных и инжиниринговых компетенций для создания конечных устройств накопления электроэнергии и реализации комплексных решений с использованием накопителей (для все сценариев)
 - Трансфер наилучших доступных технологий и комплексирование их с конкурентоспособными российскими компонентами (сценарии «Интернет энергии», «Экспорт водорода»)
 - Развитие собственного промышленного потенциала (сценарий «Новая Генеральная схема»)
4. Среднесрочные приоритеты научно-технической политики:
 - **«Большая батарейка»** (низкие капитальные затраты, большая энергоемкость)
 - **«Вечная батарейка»** (большой срок службы, низкая стоимость владения)
 - **«Аккумулирование в водородном цикле»** (дешевый безопасный способ получения, транспортировки и использования водорода)
 - Поисковые исследования для целей создания **систем хранения э/э следующего поколения**
5. Этапы изменения нормативно-правового и технического регулирования:
 - На первом этапе - **снять регуляторные барьеры** развития рынка систем хранения э/э, **стимулировать сектора высокой степени готовности**
 - На втором этапе - определить, по результатам реализации пилотных проектов, мероприятия по стимулированию спроса на системы хранения э/э и развитию рынка
6. Критически важно для подтверждения технико-экономических показателей различных вариантов использования систем хранения э/э реализовать пакет пилотных проектов
7. Целесообразно осуществить мероприятия по развитию научно-технологической инфраструктуры: центры научных компетенций, центры технологических компетенций, испытательно-сертификационные центры

1

Актуальность решаемой проблемы

Основания, отраженные в стратегических документах РФ

Раздел 1.3.
проекта
Энергетической
стратегии РФ

Потенциал влияния новых технологий, в т.ч.:

- Предполагается развитие накопителей за счет новых ГАЭС, накопителей на солнечных и ветровых электростанциях, системных накопителей, накопителей у потребителей и на электромобилях (до 20 ГВт к 2035 году в оптимистическом сценарии)

Раздел 2.1.
проекта
Энергетической
стратегии РФ

Стратегические задачи, в т.ч.:

- Обеспечение технологической независимости энергетического сектора и достаточных компетенций во всех критически важных для устойчивого развития энергетики видах деятельности, с повышением уровня и расширением областей мировой технологической конкурентоспособности российского ТЭК

Раздел 3.5
проекта
Энергетической
стратегии РФ

Магистральные направления развития электроэнергетики, в т.ч.:

- Разработка рыночных механизмов, стимулирующих потребителей к активному участию в формировании розничного рынка электроэнергии (управление спросом посредством участия в регулировании графика нагрузки), с применением, в том числе, технологии хранения и аккумулировании электроэнергии и ее воспроизводства

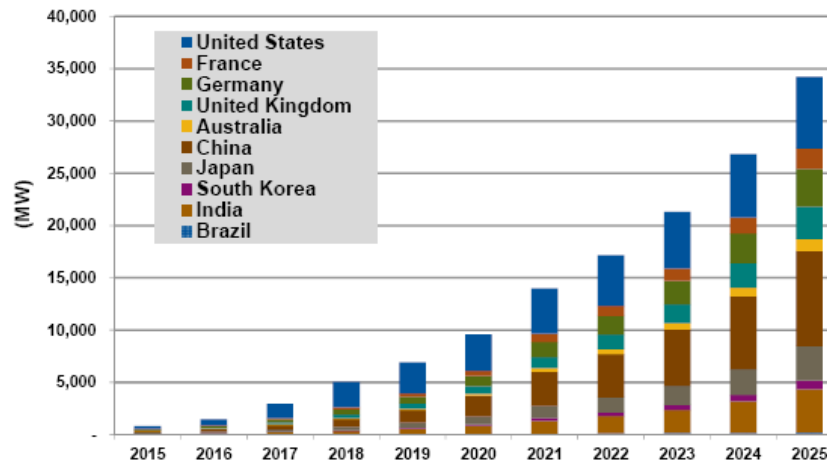
Пункт.20а
СНТР РФ

Приоритеты НТР, в т.ч.:

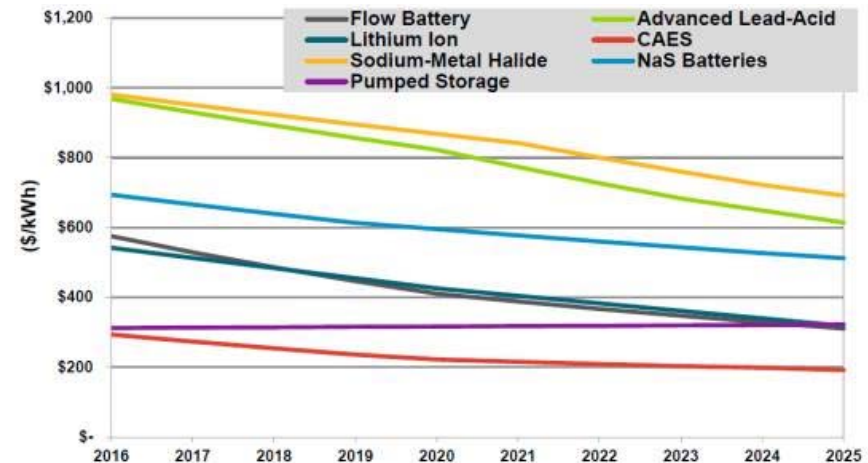
- Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и **хранения энергии**

Перспективы рынка систем хранения э/э в мире

Прогноз годового объема ввода мощности систем хранения энергии



Прогноз динамики стоимости систем хранения энергии



Россия с существенным отставанием приступает к формированию национальной промышленности СНЭ и развитию рынка применения этих систем в различных секторах экономики

2010, США
California Energy Storage Mandate: 1325 МВт хранения к 2020 году

2016, Великобритания: National Grid закупила 201 МВт систем хранения для регулирования частоты

2016, Китай: Хранение энергии – одна из 8 ключевых сфер в энергетике, 46 ГВт хранения (кроме ГАЭС) до 2021

2017, Австралия: Контракт на строительство 100МВт/129 МВт.ч системы хранения для надежности энергосистемы

Данные: Navigant Research

Активности по развитию рынка систем хранения э/э

Программы развития

- ДК «ЭнерджиНет» НТИ
- Программы инновационного развития (ПАО «Россети», ГК «Росатом», др.)
- Другие программы и проекты (в т.ч. по электротранспорту)

Инвестиции в производство

- За счет частных и гос. инвестиций созданы новые предприятия (ООО «Лiotех-инновации», ООО «Энерзет», ООО «ИнЭнерджи», ООО «ТЭЭМП» и др.)
- Создано множество стартапов в области систем хранения электроэнергии (в т.ч. резидентов Сколково)

Наука и технологии

- В рамках финансирования Минобрнауки России за последние 3 года выполнены НИОКР на общую сумму 1,3 млрд рублей
- Созданы научно-образовательные центры (Сколтех, МГУ), проводятся тематические конференции (Сколково, 2015)

В России ведутся разрозненные и не скоординированные действия, но они не обеспечивают достижения прорывного эффекта по развитию отрасли и рынка систем хранения электроэнергии

2

Цели и задачи.
Принципы и походы

Цели и задачи реализации Концепции

ЦЕЛЬ

Создать в России новую высокотехнологичную отрасль систем хранения электроэнергии для:

- Вывода российских компаний на лидирующие позиции мирового рынка систем хранения электроэнергии и их компонент
- Повышения системной эффективности электроэнергетики России и сдерживания роста цен на электроэнергию за счет применения систем хранения электроэнергии
- Повышения эффективности электроснабжения потребителей с высокими требованиями к доступности, надежности, мобильности и качеству электроэнергии за счет применения систем хранения электроэнергии

ЗАДАЧИ

1. Сформировать и обеспечить развитие рынка и новой практики применения систем хранения электроэнергии в приоритетных для России сферах
2. Сформировать промышленный потенциал в области систем хранения электроэнергии за счет создания новых производств, трансфера технологий и развития инжиниринговых компетенций
3. Сформировать научно-технологический потенциал для обеспечения технологиями приоритетных сфер применения и формирования опережающего технологического задела в этой области
4. Обеспечить устранение регуляторных барьеров применения систем хранения электроэнергии в России

Принципы, заложенные в основу Концепции

1
Будущее – это не «продолженное настоящее», поэтому оценки могут быть даны только в широком диапазоне значений

2
Значимый экономический эффект возникает в новых практиках на основе комплекса новых технологий и их многофункционального использования

3
Есть частные случаи эффективного применения накопителей, но нужны исследования и пилоты для подтверждения эффектов и оценки условий их масштабного применения

4
Российский рынок – недостаточный для создания новой отрасли, необходимо ориентироваться на глобальный рынок

Система хранения электроэнергии – электроэнергетическая система, выполняющая функцию многократной обратимой аккумуляции электрической энергии и способная выступать как потребителем (в режиме заряда), так и источником (в режиме разряда) электрической энергии

Основные функции использования систем хранения электроэнергии:

Основной источник энергии – полное обеспечение электроснабжения, дающее возможность длительное время функционировать без подключения к электрическим сетям общего пользования

Аварийный источник энергии – редкое нерегулярное полное или частичное обеспечение электроснабжения в аварийных ситуациях, дающее возможность функционировать в течение периода послеаварийного восстановления основного источника электроснабжения

Управление графиком потребления – регулярное управление величиной мощности потребления за счет частичного обеспечения электроснабжения или аккумуляции электроэнергии в определенные периоды времени

Регулирование системных параметров – постоянное или регулярное управление параметрами режима работы электрической системы (частотой, напряжением) в целях экономии или снижения потерь электрической энергии, а также повышения ее качества

Примечание: в настоящей работе рассматриваются только системы хранения электроэнергии с емкостью более 10 кВт·ч

3

Выбор и описание приоритетных сфер
применения систем хранения электроэнергии в
Российской Федерации

Сферы применения систем хранения электроэнергии

Средний диапазон разряда	Функции использования систем хранения электроэнергии	Типы потребителей систем хранения электроэнергии			
		Национальные и региональные энергосистемы (GRID SCALE) От 500 кВт·ч	Коммерческие и промышленные предприятия (COMMERCIAL & INDUSTRIAL SCALE) От 150 до 500 кВт·ч	Частный и общественный электрический транспорт (VEHICLE SCALE) От 50 до 150 кВт·ч	Домохозяйства и промышленное оборудование (RESIDENTIAL & EQUIPMENT SCALE) От 10 до 50 кВт·ч
>12 часов	Основной источник энергии	-	1.2. Собственный источник энергии для предприятий	1.3.1 Источник энергии на личном электрическом и гибридном транспорте 1.3.2 Источник энергии на общественном электрическом и гибридном транспорте	1.4. Собственные источники энергии для домохозяйств и промышленного оборудования
0,5 – 8 часов	Аварийный источник энергии	2.1. «Вращающийся» резерв мощности на загрузку и разгрузку	2.2.1 Источники бесперебойного питания предприятий 2.2.2 Источники аварийного питания предприятий	-	2.4.1 Источники бесперебойного питания домохозяйств 2.4.2 Источники аварийного питания социальных объектов и оборудования
0,5 – 6 часов	Управление графиком потребления	3.1.1. Сглаживание суточного графика нагрузки в энергосистемах 3.1.2. Сглаживание годовой неравномерности потребления электроэнергии 3.1.3. Разгрузка центров питания и сечений	3.2.1 Ценовой арбитраж 3.2.2. Сглаживание графика потребления 3.2.3 Повышение эффективности собственной генерации в том числе ВИЭ	-	3.4.1 Ценовой арбитраж 3.4.2 Сглаживание графика потребления 3.4.3. Повышение эффективности собственной генерации
<30 минут	Регулирование системных параметров	4.1. Первичное и вторичное регулирование частоты в энергосистеме	4.2.1 Регулирование системных параметров 4.2.2 Пусковые системы	4.3. Рекуперация энергии на неподключенном общественном транспорте	4.4.1 Рекуперация энергии на оборудовании 4.4.2 Электротрансмиссия 4.4.3 Пусковые системы

Основные сценарии (направления) развития рынка в РФ (определены на основе экспертных оценок)

«Интернет энергии»

«Новая генеральная схема»

«Экспорт водорода»

Оценка рынков и эффектов применения систем хранения э/э

Сценарии развития рынка хранения электроэнергии*	Ежегодный объем мирового рынка (с 2025 г.)	Ежегодный объем рынка РФ (с 2025 г.)		Ежегодный эффект для экономики РФ за вычетом инвестиций (с 2025 г.)	
		Консервативный	Оптимистический	Консервативный	Оптимистический
1. «Интернет энергии», в т.ч.:	\$56,7 млрд	\$0,7 млрд	\$1,9 млрд	\$1,1 млрд (в т.ч. \$0,5 млрд - экспорт)	\$2,2 млрд (в т.ч. \$1,0 млрд – экспорт)
1.1. Применение в электроснабжении изолированных и удаленных районов					
1.2. Применение в системах энергоснабжения жилых районов					
1.3. Использование в системе энергоснабжения промышленных и коммерческих потребителей					
1.4. Применение на электрическом транспорте и в зарядной инфраструктуре					
1.5. Другие применения (передвижные аварийные источники питания, коллективные ИБП, сервисы повышения качества э/э)					
2. «Новая Генеральная схема», в т.ч.:	\$18,3 млрд	\$0,2 млрд	\$4,0 млрд	\$0,4 млрд (в т.ч. \$0,18 млрд – экспорт)	\$2,6 млрд (в т.ч. \$0,37 млрд – экспорт)
2.1. Управление суточным графиком потребления и генерации, управление качеством электроэнергии					
2.2. «Вращающийся» резерв энергосистемы и другие системные услуги					
3. «Экспорт водорода»	\$30,0 млрд (водород)	\$0,5 млрд (системы производства водорода)	\$2,9 млрд (системы производства водорода)	\$1,1 млрд (экспорт водорода)	\$6,3 млрд (экспорт водорода)

*Сценарии использования накопителей энергии для гаджетов, приборов, роботов и бытовой техники не включены в проект концепции

**Курс доллара ЦБ на 04.03.2017 \$1 = Р58,9

1. Интернет энергии: оценка рынка и эффекта

Технологии Интернета энергии и эффекты их применения

Сложно-замкнутая топология	Повышение надежности при снижении потребности в резервировании сетевых мощностей
Накопители электроэнергии	Снижение потребности в присоединенной мощности и снижение стоимости электроэнергии
Распределенная генерация	Снижение потерь на последней миле и в приборах потребителей
Переход на постоянный ток	Повышение эффективности использования мощностей и снижение стоимости ээ
Интеллектуальное управление	

Драйверы развития рынка:

- Высокая стоимость техприсоединения, около **20%** присоединенной мощности используется 4 часа в сутки
- Низкая загрузка сетевых мощностей – в среднем по России **32%**
- Потери в сетях низкого напряжения (на примере МОЭСК) – **9,5%****
- Доля цифровой техники на постоянном токе на стороне бытовых потребителей – **80%**, при этом потери в преобразовательных блоках - **20%**
- Повышение требований к качеству электроэнергии («цифровой» спрос – до **15-20%** за ближайшие 15 лет)
- Развитие распределенной генерации (в т.ч. на базе ВИЭ)

Ежегодный объем рынка РФ (с 2025 г.)



СФЕРА ПРИМЕНЕНИЯ



Ежегодный эффект в РФ за вычетом инвестиций (с 2025 г.)

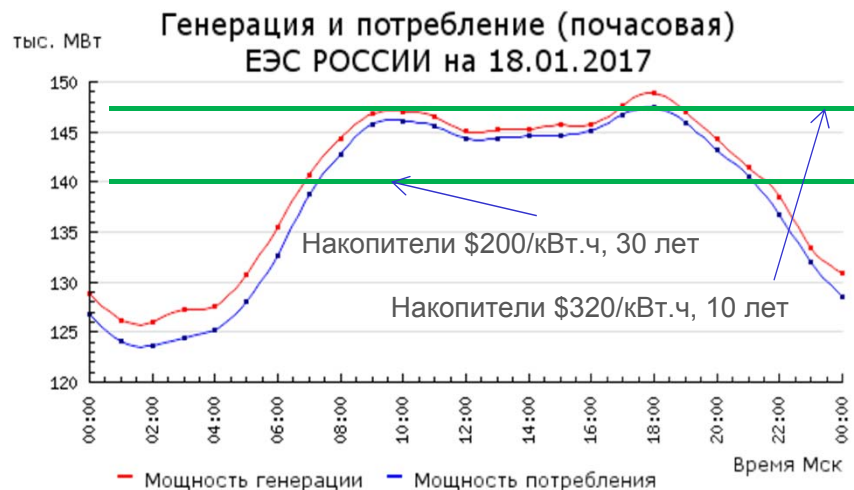


Эффект рассчитан при цене НЭ в \$330 за кВт·ч

Данные: РЗА, ОАО «СО ЕЭС», НП «Совет рынка», ПАО «МРСК»

**Данные из «Баланс электрической энергии по сетям ВН, СН1, СН11 и НН, используемый для целей ценообразования на 2016 год» (ПАО «МОЭСК»)

2. Новая Генеральная схема: оценка рынка и эффекта



Драйверы развития рынка:

- Низкая загрузка генерации (средний КИУМ **50%**)
- Неэффективная вынужденная генерация (средний КИУМ ВР по электроэнергии **14%**)
- Избыточная инфраструктура (загрузка трансформаторной мощности **26%** (магистральные сети), **32%** (распределительные сети))
- Новый инвестиционный цикл в электроэнергетике до 2035 года (потребуется **\$500-700 млрд**)
- Развитие ВИЭ и распределенной генерации потребует повышения гибкости ЕЭС

Ежегодный
объем рынка
РФ
(с 2025 г.)

СФЕРА
ПРИМЕНЕНИЯ

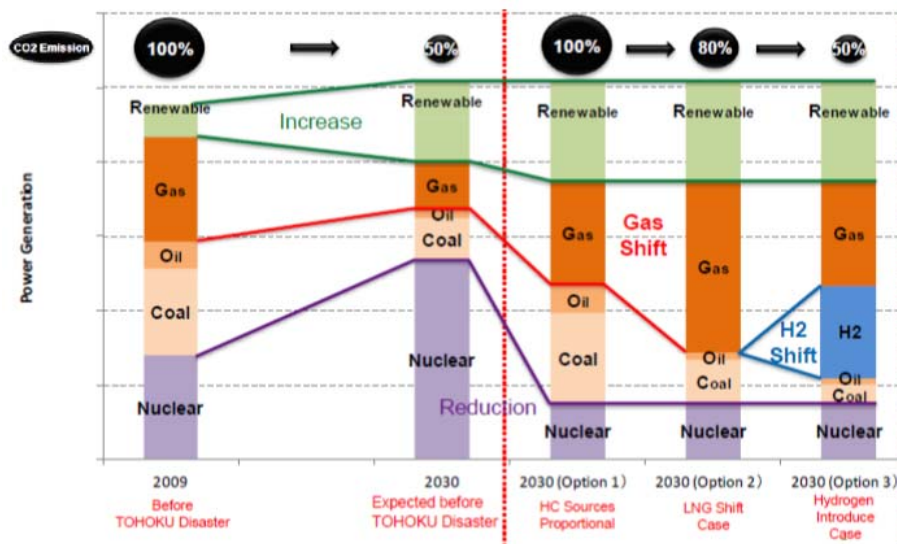
Ежегодный
эффект в РФ
за вычетом
инвестиций
(с 2025 г.)



Данные: ОАО «СО ЕЭС», НП «Совет рынка», ПАО «Россети»

3. Экспорт водорода: оценка рынка и эффекта

Варианты Базового энергетического плана Японии 2030 г.,



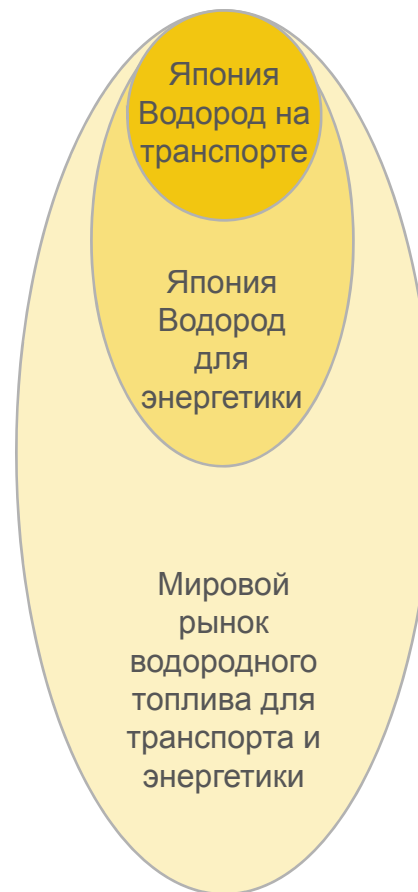
Драйверы развития рынка:

- Потенциально большой спрос на водородное топливо в мире – до **\$50 млрд** в 2035 году
- Неэффективный резерв генерирующей мощности в энергосистеме РФ – до **45 ГВт**
- Близость возобновляемых источников энергетических ресурсов к рынкам сбыта – не более **3000 км** морем
- Большой гидроэнергетический потенциал на Дальнем Востоке – до **294 млрд. кВт·ч в год** (освоен только на **5%**)
- Большие запасы пресной воды – **4332 млн км³** (более **10%** мировых запасов)

РЫНОК в год с 2025 г.



СФЕРА ПРИМЕНЕНИЯ



ЭФФЕКТ за вычетом инвестиций



Эффект рассчитан при цене \$3,5 за кг H₂

Данные: Navigant, Mizuho Research Institute, Chiyoda Corp., The Institute of Applied Energy

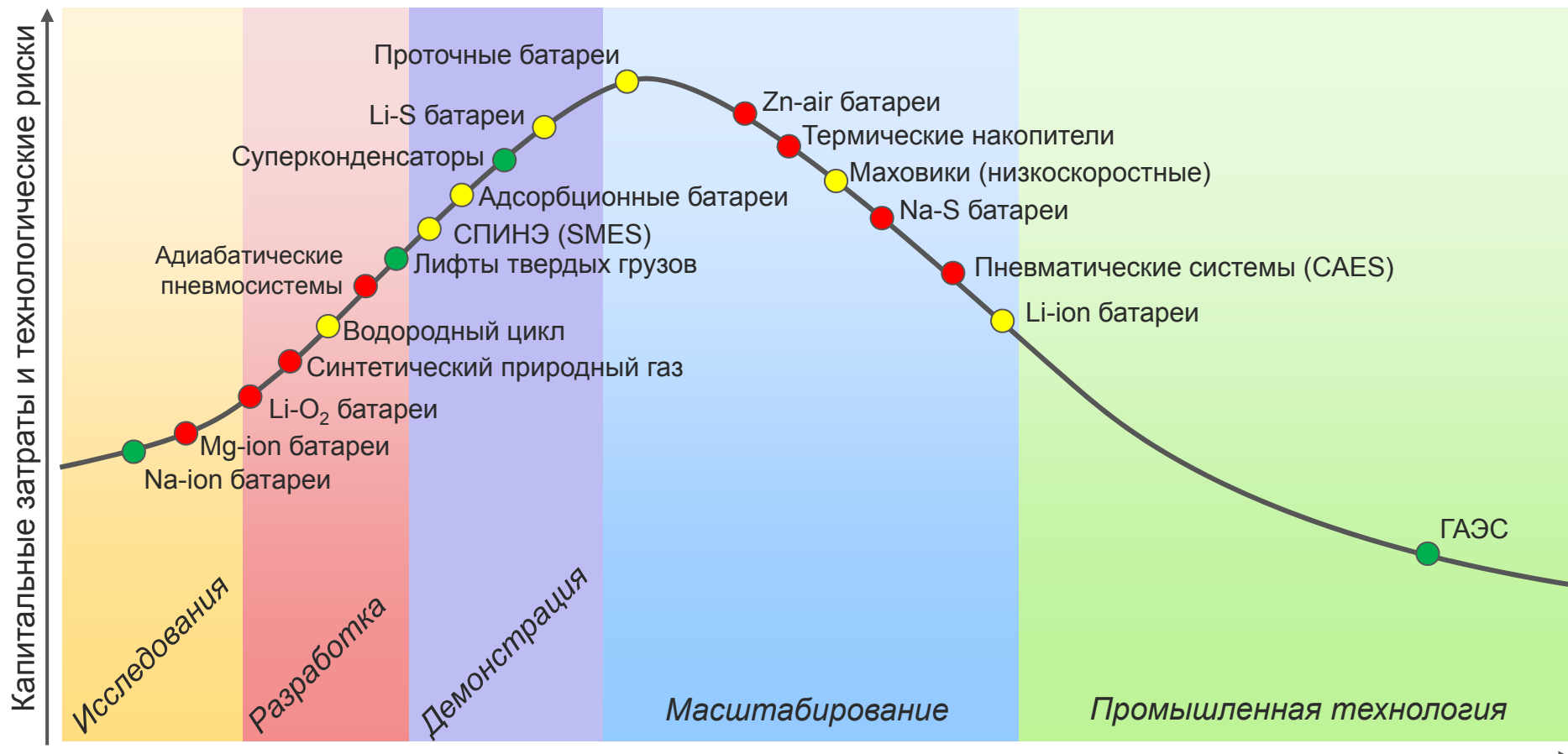
4

Описание приоритетов промышленной и научно-технической политики в области развития систем хранения электроэнергии

Точки приоритетного формирования добавленной стоимости



Существующий научно-технологический задел в РФ



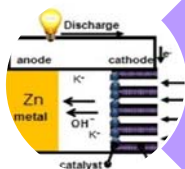
- Зелеными точками обозначены заделы в России, которые по показателям находятся на уровне лучших мировых образцов
- Желтыми точками обозначены заделы в России, которые по показателям отстают от лучших мировых образцов
- Красными точками обозначены заделы в России, которых нет

Данные: схема разработана на основе IEA Energy Storage Technology Roadmap (2014) и собранных данных о научно-технологических заделах в РФ

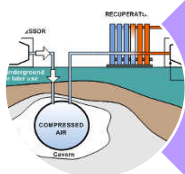
Приоритетные научно-технические задачи



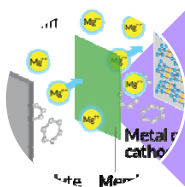
1. Разработка конкурентоспособных накопителей с большими токами зарядки и разрядки на основе имеющегося задела в области преобразовательной техники и суперконденсаторов (опционально)



2. Разработка накопителей с большим ресурсом циклирования (например, на основе Zn-air или адсорбционных батарей)



3. Разработка накопителей с высокой энергоемкостью и низкой капитальной стоимостью (например, на основе лифтов твердых грузов, пневматических или водородных систем)



4. Формирование задела в области компактных недорогих накопителей Na-ion, Mg-ion, Li-O₂, Li-S, Al-ion, проточные батареи и т.д.



5. Разработка высокоэффективных электролизеров воды и систем компактного хранения и транспортировки водорода

Целевые технико-экономические характеристики

Интернет энергии

- Энергоемкость 10 – 100 кВт·ч
- Мощность 3 – 1000 кВт
- КПД >85%
- Ресурс >3500 циклов
- Срок службы >10 лет
- Стоимость <400 \$/кВт·ч
- LCOE <400 \$/МВт·ч

Экспорт водорода

- Энергетическая эффективность электролизера <4,3 кВт·ч/м³-H₂
- Массовое содержание водорода в носителе >6,1%
- CAPEX системы производства и аккумуляции водорода <8500 \$/т-H₂

Новая Генеральная схема

- Энергоемкость >1000 кВт·ч
- Мощность >1000 кВт
- КПД >75%
- Ресурс >7000 циклов
- Срок службы >20 лет
- Стоимость <250 \$/кВт·ч
- LCOE <290 \$/МВт·ч

Электрический транспорт

- Энергоемкость 40 – 400 кВт·ч
- КПД >95%
- Ресурс >1500 циклов
- Срок службы >7 лет
- Удельная энергия >200 Вт·ч/кг
- Стоимость ячейки <160 \$/кВт·ч

Научно-технологическая инфраструктура



Центры научных компетенций



**Центры технологических компетенций
(«manufacturing incubator»)**



Испытательно-сертификационные центры

6

Регуляторные барьеры и способы стимулирования

Регуляторные барьеры развития рынка

Перечень составлен по итогам опроса российских производителей и поставщиков систем хранения энергии

Барьеры в законодательстве об электроэнергетике :

- 1.1. Отсутствие экономической модели участия систем хранения электроэнергии (СХЭ) в рынках электрической энергии и мощности
- 1.2. Сетевая компания может отнести электроэнергию, запасаемую в своей СХЭ, только на потери в сетях. Электроэнергия, выдаваемая СХЭ, не может быть продана электросетевой организацией потребителям, в силу запрета на совмещение видов деятельности в электроэнергетике
- 1.3. Занижение платы за технологическое присоединение потребителей к электрическим сетям относительно экономически обоснованных затрат
- 1.4. Отсутствие учета особенностей присоединения и функционирования систем хранения энергии в Правилах устройства электроустановок (ПУЭ)
- 1.5. Невозможность оказания услуг по обеспечению системной надежности с использованием СХЭ

Барьеры в области технического регулирования:

- 2.1. Неопределенность в том, распространяются ли на СХЭ регламенты по безопасности, применяемые для электротехнических систем аналогичного класса мощности и напряжения
- 2.2. Отсутствие методов испытания для систем хранения электроэнергии различных технологий

Барьеры в области налогового, таможенного законодательства:

- 3.1. Наличие ввозных пошлин на сырье и материалы для производства систем хранения энергии при одновременном отсутствии пошлин на ввозимые готовые системы хранения энергии
- 3.2. Отсутствие приоритета для отечественных СХЭ при проведении закупок госкомпаниями
- 3.3. Нераспространение налоговых льгот, применяемых для объектов и технологий высокой энергетической эффективности, на системы хранения электроэнергии

Стимулирование применения систем хранения электроэнергии



Мировая практика:

- Накопление энергии стимулируется как результат поддержки развития ВИЭ, в том числе бытовой микрогенерации в связке с накопителями
- Прямое финансирование применяется для исследовательских, опытных и пилотных проектов
- Практикуются прямые способы стимулирования спроса: субсидии на покупку накопителей, налоговые кредиты и льготы, льготные кредиты, специальные госпрограммы, госзакупки
- Косвенное стимулирование реализуется за счет изменения правил ценообразования для конечных потребителей (отмена Net Metering для ВИЭ, введение сильно дифференцированных по часам тарифов, управление спросом) и развитие рынков системных услуг
- Стимулирование применения накопления энергии осуществляется через адаптацию правил энергетических рынков для устранения барьеров и учета преимуществ накопления энергии

Предлагается определить необходимые мероприятия по стимулированию применения систем хранения электроэнергии в России по результатам реализации пилотных проектов

7

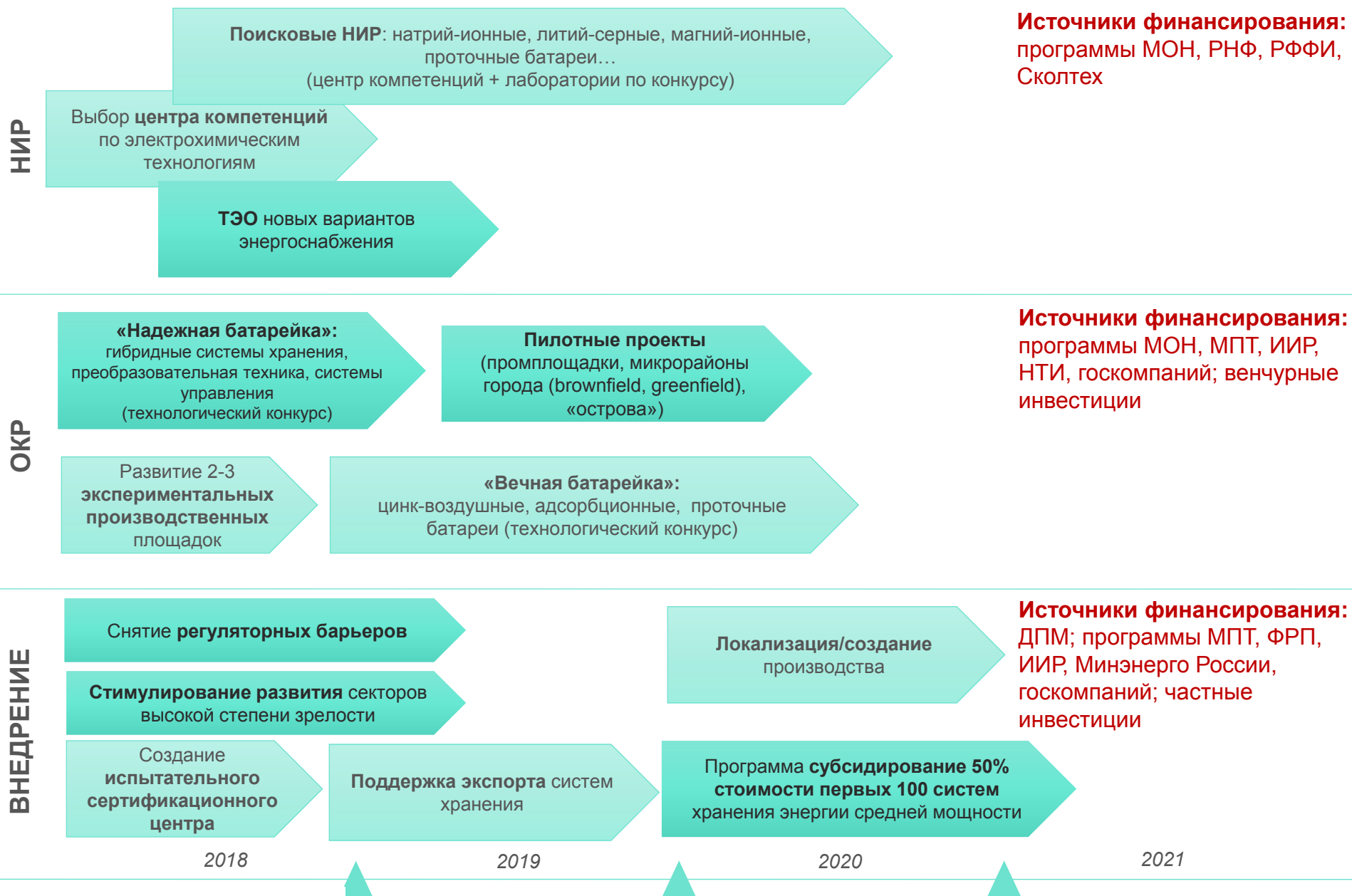
Целевые показатели, этапы, ресурсы,
управление реализацией

Целевые показатели реализации Концепции*

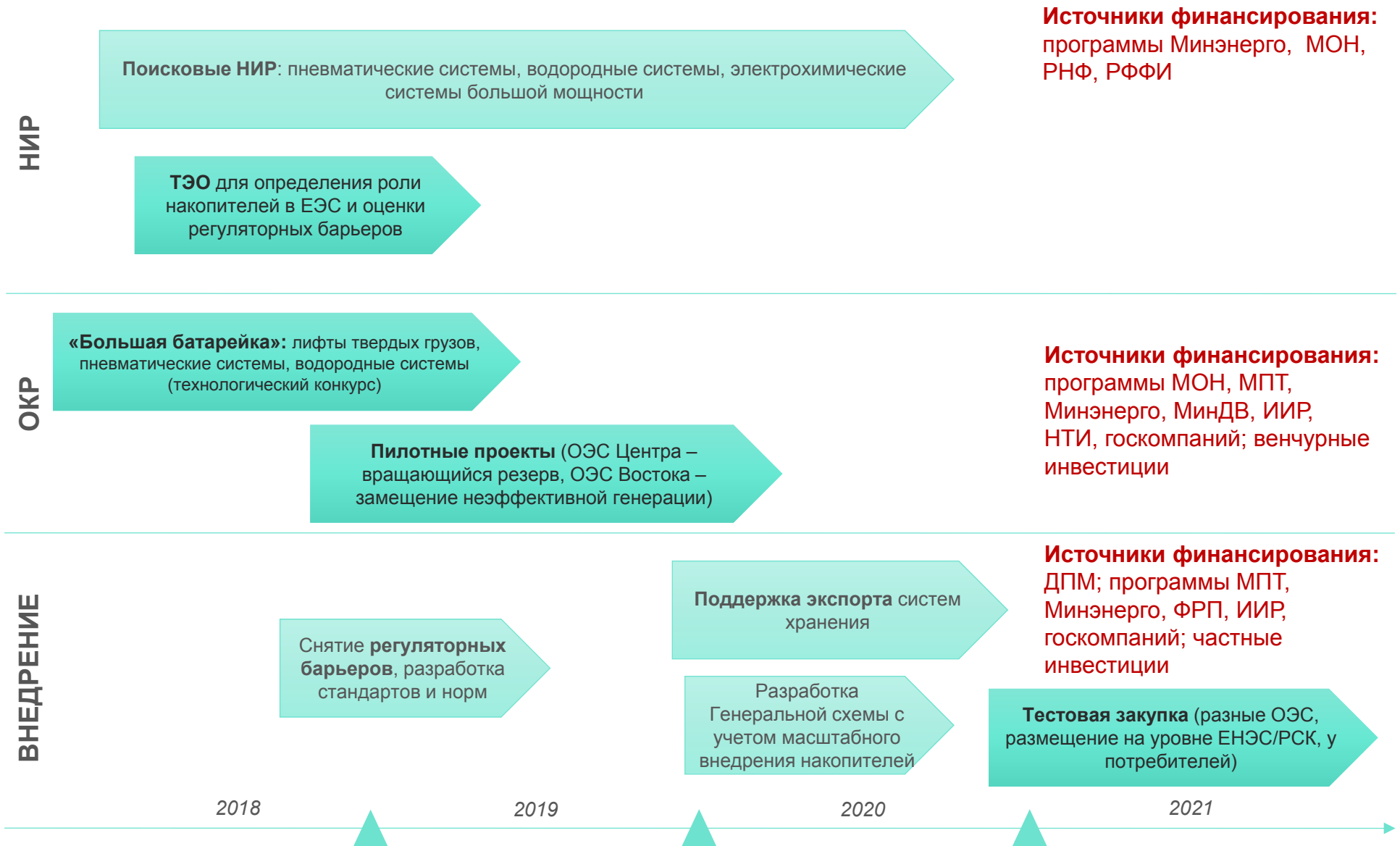
Наименование контрольного показателя	Единица измерения	2018 год	2022 год	2026 год
Ежегодный объем внутреннего рынка систем хранения электроэнергии	млрд. ₽	-	17	84
Ежегодный объем экспортных поставок систем хранения электроэнергии российского производства	млрд. ₽	-	8	42
Ежегодный объем экспортных поставок электроэнергии, хранимой в форме водородного топлива	млрд. ₽	-	13	65
Средняя приведенная стоимость хранения электроэнергии на жизненном цикле (LCOS) системами хранения электроэнергии российской разработки	₽/кВт·ч	36	24	15

- Целевые показатели зафиксированы в плане мероприятий («дорожной карте») «Развитие рынка систем хранения электроэнергии в Российской Федерации»
- Реализация плана мероприятий («дорожной карте») «Развитие рынка систем хранения электроэнергии в Российской Федерации» не предполагает создание специальной государственной программы, подразумевая возможности по использованию существующих программ и источников финансирования

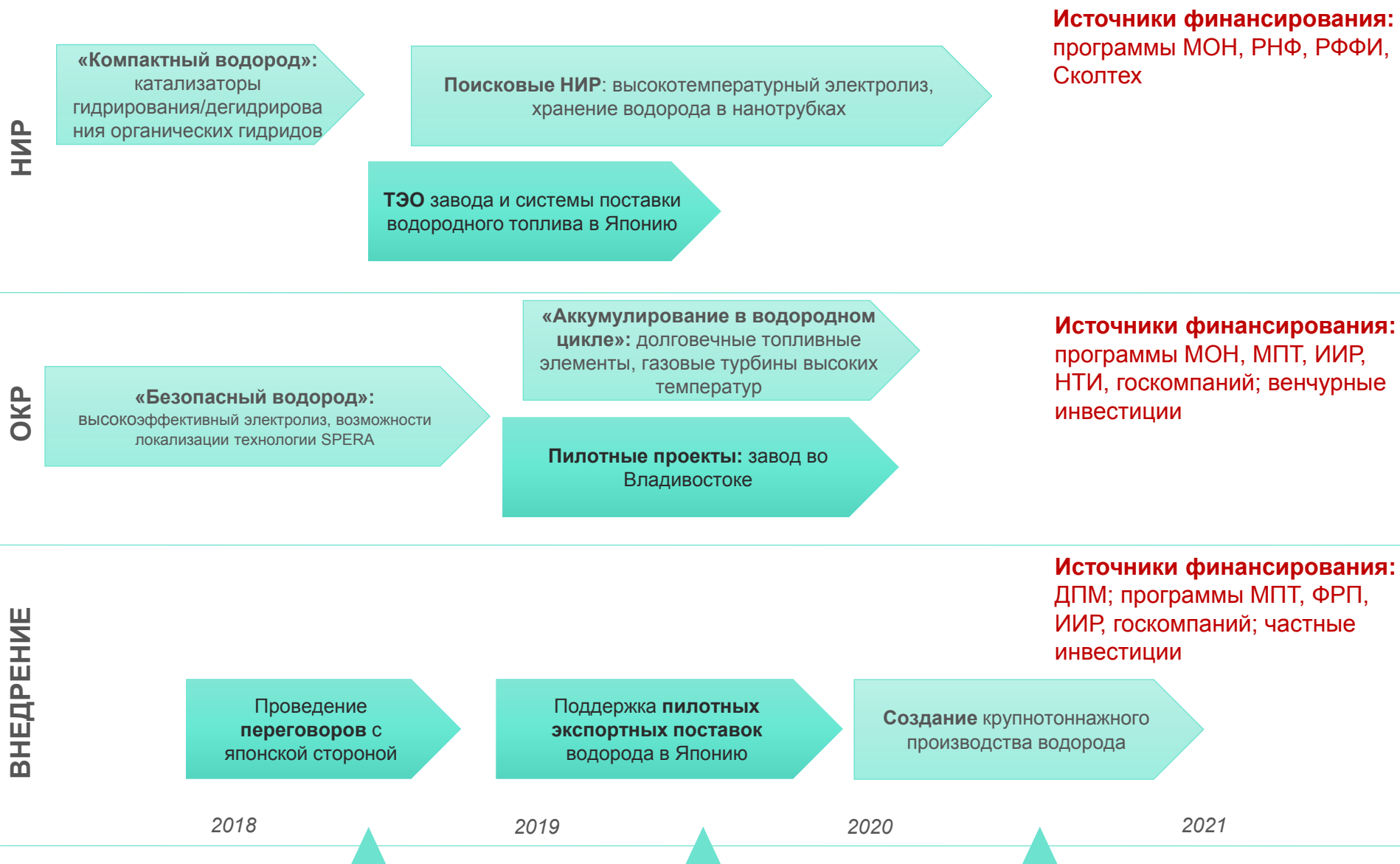
1. Интернет энергии: основные этапы и источники финансирования



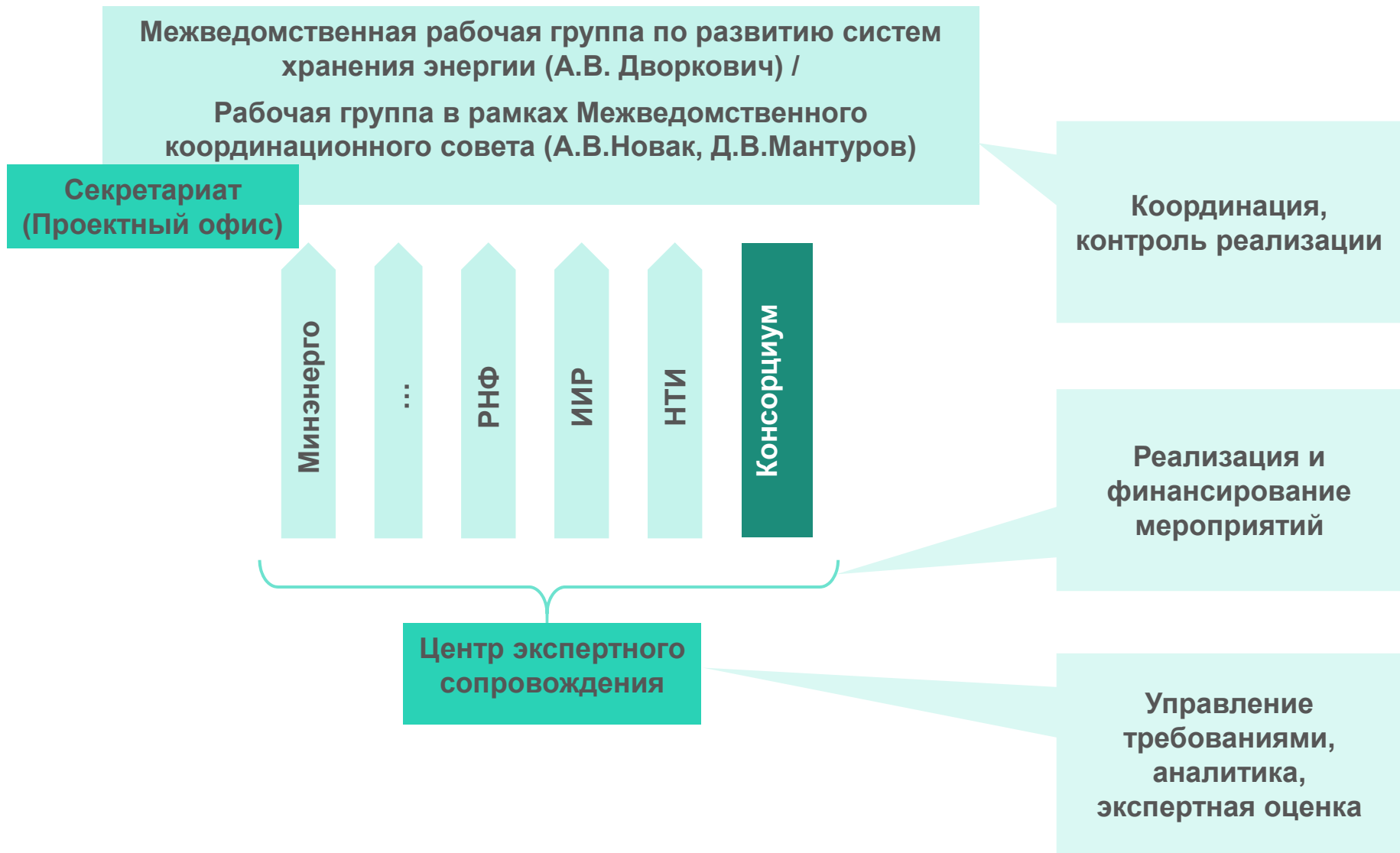
2. Новая Генеральная схема: основные этапы и источники финансирования



3. Экспорт водорода: основные этапы и источники финансирования



Управление реализацией Концепции



8

ПРИЛОЖЕНИЯ

Оценка результативности (ожидаемых эффектов) реализации сценариев (направлений) применения систем хранения электроэнергии

1. Интернет энергии

1.1. Применение в электроснабжении изолированных и удаленных районов

- **Назначение:**
 - компенсация неравномерности графика генерации на ВИЭ с целью получения управляемой генерации электроэнергии;
 - оптимизация расхода топлива в изолированных системах за счет топливозамещения при генерации электроэнергии на ВИЭ
- **Принцип:** эффективное сочетание использования различных источников энергии за счет возможности управления мощностью нагрузки и генерации при помощи накопителя
- **Технологии:** Li-ion батареи, Mg-ion батареи, Zn-воздушные батареи, гибридные системы, Li-S батареи



Развитие программ заселения и освоения отдаленных территорий



Сохранение схемы северного завоза, сохранение топливного лобби



Мировой рынок*
\$25,0 млрд
с 2025 года

- Прогноз объем рынка накопителей энергии для применения в промышленности и домохозяйствах в 2025 г. – **\$25 млрд** (данные Navigant Research)
- Доля России на мировом рынке – **1-2%**, экспортная выручка **\$250 – \$500 млн** в год

Рынок РФ
\$0,20 – \$0,3 млрд
с 2025 года

- Установленная мощность объектов генерации в изолированных энергосистемах малой мощности – **1 ГВт**
- Накопители будут составлять 10-15% стоимости гибридных автономных систем при рынке бензо- и дизельных генераторов (автономных систем) **\$2 млрд** в год

Эффект для экономики РФ
\$0,06 – \$0,08 млрд
за вычетом инвестиций

- Оптимизация расхода горюче-смазочного материала на изолированных территориях при замещении топлива **50%** и более

* - Общий для всех сфер Интернета энергии

1. Интернет энергии

1.2. Применение в системах энергоснабжения жилых районов

- **Назначение:** комплексное снижение стоимости владения и повышение эффективности электроэнергетической инфраструктуры в жилых зданиях и микрорайонах
- **Принцип:** переход на сети комбинированного тока с управляемым графиком нагрузки и сложнотопологией за счет использования опорно-балансирующих накопителей
- **Технология:** Li-ion батареи, Mg-ion батареи, Li-S батареи, силовая преобразовательная техника

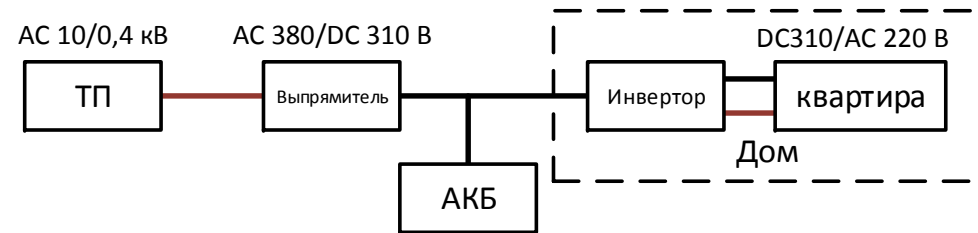


Рост доли бытовых приборов на постоянном токе и удешевление инверторной бытовой техники



Консервативный подход по внедрению нового решения по электроснабжению

Энергосистема на комбинированном токе



Мировой рынок*
\$25,0 млрд
с 2025 года

- Прогноз объем рынка накопителей энергии для применения в промышленности и домохозяйствах в 2025 г. – **\$25 млрд** (данные Navigant Research)
- Доля России на мировом рынке – **1-2%**, экспортная выручка **\$250 – \$500 млн** в год

* - Общий для всех сфер Интернета энергии

Рынок РФ
\$0,29 – \$0,80 млрд
с 2025 года

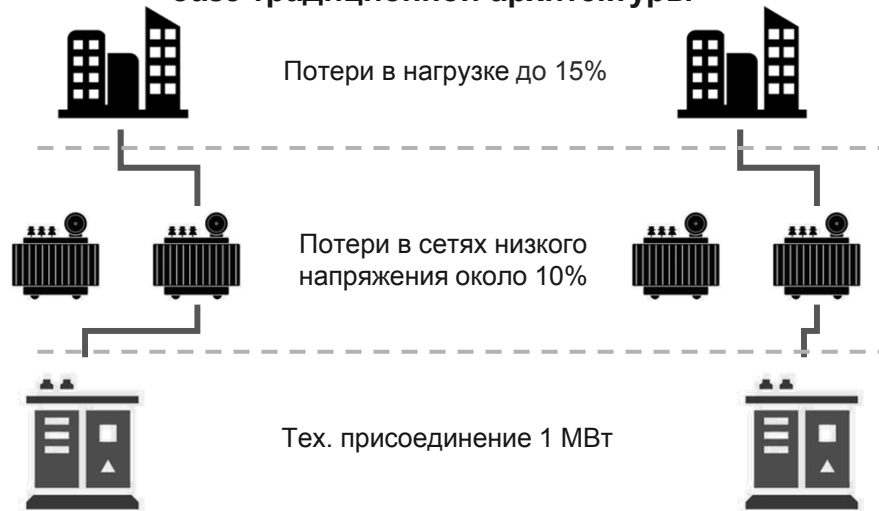
- Согласно программе «Комфортное и доступное жилье» в 2025 году будет построено около **1,7 млн квартир**. От 50% до 100% нового жилого строительства может быть реализовано на базе нового подхода к энергоснабжению. Необходимы накопители энергоемкостью **1,5 кВт*ч** на квартиру
- До 1% жилого фонда РФ (**640 тыс. квартир**) в год переводится на новую архитектуру электроснабжения (в максимальном варианте)
- Коммерческая недвижимость и социальные объекты – до **25%** рынка

Эффект для экономики РФ
\$0,37 – \$1,00 млрд
за вычетом инвестиций

- Эффект при строительстве обеспечивается за счет экономии провода, оптимизации трансформаторных мощностей, снижения стоимости технологического присоединения, сокращения технических потерь, арбитража на разнице цен «день-ночь» и составляет до **\$135 на кВт в год**

1. Интернет энергии: кейс электроснабжения жилых районов

Электроснабжение жилых домов на базе традиционной архитектуры



CAPEX, млн ₽	26,917
Технологическое присоединение 1 МВт	26,910
ВЛ и кабельные сети	0,007
ОРЕХ за 10 лет, млн ₽	83,650
Расходы на электроэнергию	65,495
Потери в сети НН, 10%	7,641
Потери в адаптерах техники потребителей, 15%	10,314
Убытки потребителей от скачков напряжения	1,200
Стоимость владения за 10 лет, млн ₽	110,567

Дополнительные эффекты перехода на новую архитектуру:

- Срок службы приборов +20%
- Стоимость бытовых приборов -3%
- Простая интеграция с ВИЭ, НЭ, электротранспорта

Данные: ПАО «МОЭСК», производители оборудования, Свод правил по проектированию и строительству

Электроснабжение жилых домов на базе новой архитектуры (комбинированный ток)



CAPEX, млн ₽	34,074
Технологическое присоединение 0,79 МВт	20,641
ВЛ и кабельные сети	0,005
Выпрямитель напряжения (КПД – 99%)	3,375
АКБ (1,5 кВт·ч на квартиру) (КПД – 95%)	6,394
Инвертор (0,65 кВт на квартиру) (КПД – 99%)	1,421
Инжиниринг	2,237
ОРЕХ за 10 лет, млн ₽	68,467
Расходы на электроэнергию (с учетом арбитража)	58,726
Потери в сети НН, 4%	2,865
Потери в адаптерах техники потребителей, 7,5%	6,876
Стоимость владения за 10 лет, млн ₽	102,541

Расчет для жилого дома (присоединенная мощность 1 МВт, 400 квартир, среднеемесячное потребление 380 кВт·ч на квартиру)

Δ стоимости владения 8,0 млн.

1. Интернет энергии

1.3. Использование в энергоснабжении промышленных и коммерческих потребителей

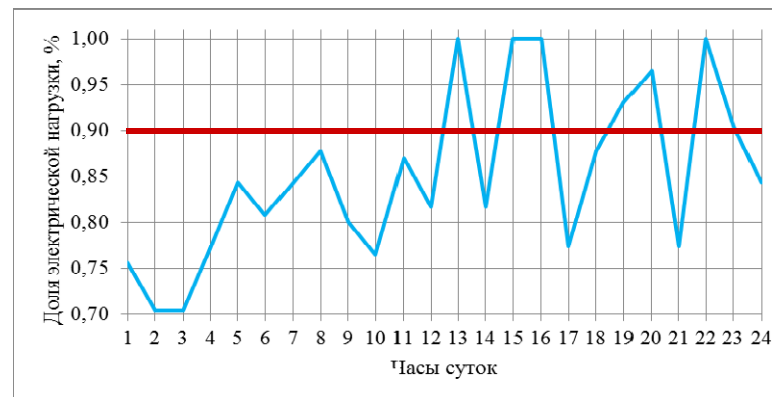
- **Назначение:** использование накопителей энергии на промышленных предприятиях с собственной генерацией с целью снижения потребности в мощности, стоимости владения собственной генерацией, стоимости тех. присоединения и электроэнергии
- **Принцип:** сглаживание пиков потребления электроэнергии за счет локального накопителя энергии
- **Технологии:** Li-ion батареи, Na-S батареи, гибридные системы, Zn-воздушные батареи



Либерализация регулирования в сфере распределенной генерации



Снижение стоимости тех. присоединения и тарифов для пром. потребителей



Типовой график нагрузки машиностроительного предприятия (<http://www.online-electric.ru>)

Мировой рынок*

\$25,0 млрд

с 2025 года

- Прогноз объем рынка накопителей энергии для применения в промышленности и домохозяйствах в 2025 г. – **\$25 млрд** (данные Navigant Research)
- Доля России на мировом рынке – **1-2%**, экспортная выручка **\$250 – \$500 млн** в год

* - Общий для всех сфер Интернета энергии

Рынок РФ

\$0,07 – \$0,15 млрд

с 2025 года

- Для повышения эффективности использования собственной генерации в дополнение к ней требуется установка накопителей в среднем на **10%** мощности и **2 часа** удержания заряда
- Ввод мощности/модернизация собственной генерации в 2025 – 2035 гг. прогнозируется на уровне **5-10%** от установленной мощности ЭЭС и составит **23,5 ГВт**

Эффект для экономики РФ

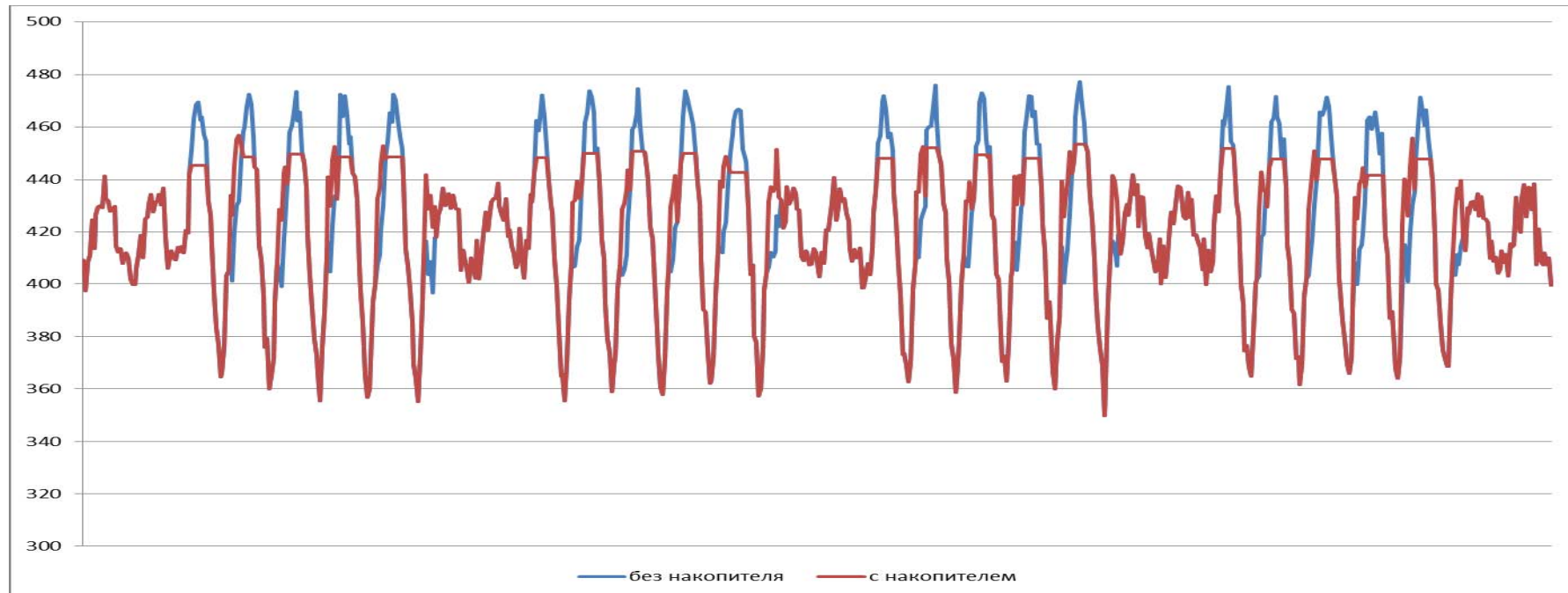
\$0,09 - \$0,15 млрд

за вычетом инвестиций

- Снижение потребности в установленной мощности собственной генерации за счет сглаживания пиков нагрузки при использовании накопителей позволяет получить эффект до **\$10 в год на кВт** снижения потребности в мощности
- Эффект от создания высокотехнологичной отрасли экономики (выручка новой отрасли при 50% локализации производства), обеспечивающей импортозамещение – **7,2 млрд рублей в год**

1. Интернет энергии: кейс снижение расходов на энергоснабжение

Электроснабжение комплекс офисных зданий с использованием СНЭ и без



Потребление электроэнергии из сети в течение месяца

- **Потребитель:** комплекс офисных зданий, максимальная потребляемая мощность – 477,3 кВт, присоединение на СН2, покупка электроэнергии на розничном рынке у ГП, 3-я ценовая категория, потребление за месяц 302,7 тыс. кВт.ч
- **Накопитель:** 24 кВт/146 кВт.ч, 5% от максимальной мощности. Ориентировочная стоимость – **6,2 млн рублей**
- **Снижение расходов:** на покупку электроэнергии – около 10%, **13,5 млн рублей** за 10 лет

Экономический эффект достигается за счет:

- Снижения платы за содержание сети в составе платы за передачу электроэнергии (при переходе в 4 ценовую категорию)
- Снижения величины оплачиваемой мощности на розничном рынке электроэнергии
- Покупки части электроэнергии, расходуемой в пиковые часы, по низким ценам (ночью)

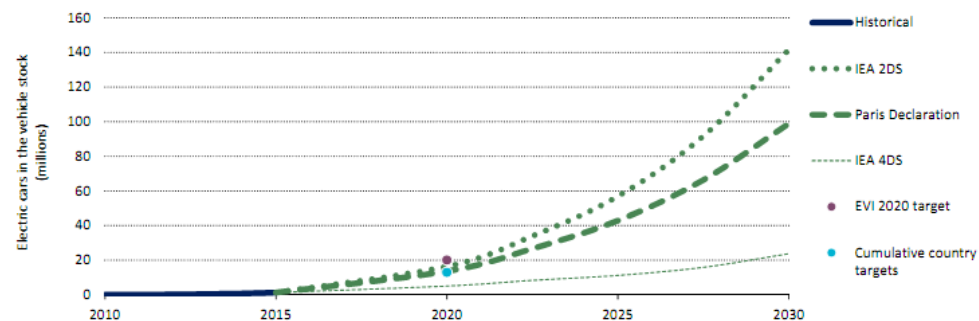
Дополнительные эффекты:

- Возможность резервирования питания части энергопринимающих устройств
- При дополнительном оборудовании – возможность повышения качества электроэнергии

1. Интернет энергии

1.4. Применение на электрическом транспорте и в зарядной инфраструктуре

- **Назначение:** накопитель энергии используется в качестве основного источника энергии для общественного и частного электротранспорта, а также как устройство, обеспечивающее быструю выдачу мощности при подзарядке электрических транспортных средств
- **Принцип:** переход от транспорта с двигателем внутреннего сгорания на электрический транспорт.
- **Технологии:** литий-ионные батареи, магний-ионные батареи, литий-серные батареи



Сценарии развития рынка электромобилей в млн. шт., данные международного энергетического агентства 2016 г.



Развитие программ по электротранспорту, развитие зарядной инфраструктуры



Высокая цена на электрический транспорт, отсутствие развитой зарядной инфраструктуры, отсутствие отечественных производителей легковых электромобилей

Мировой рынок
\$31,7 млрд
с 2025 года

- Объем рынка накопителей энергии для применения в электротранспорте в 2025 г. – **\$31,7 млрд** (данные Navigant Research)

Рынок РФ

\$0,1 – \$0,6 млрд
с 2025 года

- Количество электромобилей в России в 2020 г. – **200 тыс. шт.** (данные ПАО «МОЭСК»)
- Годовой прирост количества электромобилей – **до 25% в год**
- Средняя емкость батареи электромобиля – **60 кВт·ч**
- Прогнозируемая стоимость батарей (без учета цены на преобразовательную технику) – **\$160 за кВт·ч**
- Прирост количества зарядных станций – **3000 в год**
- Средняя емкость СНЭ зарядной станции – **80 кВт·ч**

Эффект для экономики РФ
\$0,27 – \$0,54 млрд
с 2025 года

- Эффект включает в себя экспорт батарей для электрического транспорта в объеме **1-2%** мирового рынка

2. Новая генеральная схема

2.1. Управление суточным графиком потребления и генерации, управление качеством электроэнергии

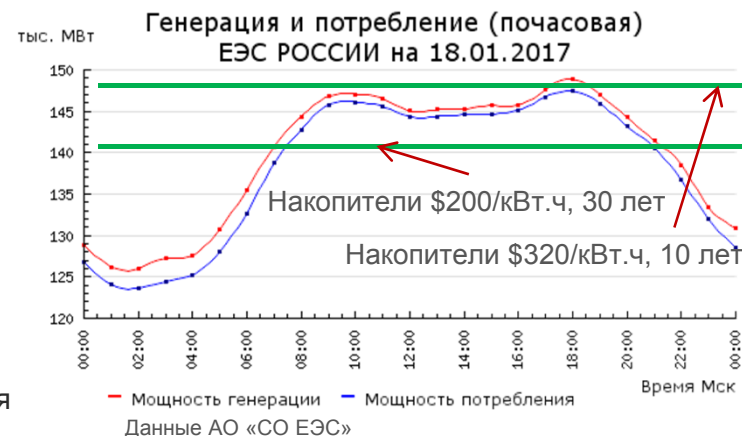
- **Назначение:** централизованная установка систем хранения энергии на подстанциях 110 кВ и ниже или у крупных потребителей электроэнергии и замещение ими редко используемых ресурсов энергосистемы (генерации и сетевой мощности). Capacity deferral - аналогично применению на зарубежных рынках
- **Принцип:** накопители замещают те мощности, стоимость владения которыми, в пересчете на единицу отпущенной с их использованием электроэнергии за год, выше, чем аналогичная стоимость владения накопителями
- **Технологии:** лифты твердых грузов, ГАЭС, проточные батареи, натрий-серные батареи, литий-ионные батареи



Увеличение пикового характера потребления в ЕЭС



Неудача в создании технологии дешевого долгосрочного хранения электроэнергии



Мировой рынок
\$12,5 млрд
с 2025 года

- Объем мирового рынка сетевых (grid-scale) систем хранения энергии в функциях замещения пиковых мощностей и ценового арбитража к 2025 году – **\$12,5 млрд.** (данные Navigant Research)
- Учетная прогнозная стоимость накопителей - **\$320 за кВт.ч** емкости
- Доля России на мировом рынке – **1-2%**, экспортная выручка **\$0,18 – \$0,37 млрд. в год**

Рынок РФ
\$0,1 – \$3,6 млрд
с 2025 года

- Общая мощность и энергоемкость систем хранения энергии, которые могут экономически эффективно заместить мощности ЕЭС (с учетом возможности зарядить их в часы разгрузки энергосистемы), составляет **от 1,6 ГВт/ 3,5 млн. кВт.ч до 15,4 ГВт/ 181,7 млн. кВт.ч** в зависимости от стоимости и срока службы накопителей
- Min - накопители стоимостью **\$320 за кВт.ч** емкости, 10 лет службы
- Max - накопители стоимостью **\$200 за кВт.ч** емкости, 30 лет службы

Эффект для экономики РФ
\$0,18 – \$1,89 млрд
за вычетом инвестиций

- Эффект от замещения редко используемых мощностей энергосистемы (высвобождаемые платежи потребителей) – **0,2-5,0 млрд рублей в год**
- Эффект от снижения УРУТ на 0,7% - **7 млрд. рублей в год**
- Эффект от создания высокотехнологичной отрасли экономики (выручка новой отрасли при 50% локализации производства), обеспечивающей импортозамещение генерирующих мощностей накопителями – **3,3 - 79,4 млрд рублей в год**

2. Новая генеральная схема

2.2. «Вращающийся» резерв энергосистемы и другие системные услуги

- **Назначение:** централизованная установка систем хранения энергии большого масштаба на уровне крупных электростанций и ЕНЭС, либо распределенных систем у потребителей, управляемых Системным оператором
- **Принцип:** системы хранения энергии замещают нормативный вращающийся резерв энергосистемы (5,6 ГВт на час зимнего максимума в 2016 г. по нормативам СО ЕЭС), высвобождающиеся мощности могут быть выведены из эксплуатации
- **Базовые технологии:** лифты твердых грузов, пневматические системы



Ужесточение требований к эффективности резервирования в ЕЭС



Постоянное продление эксплуатации мощностей, запланированных к выводу

Нормативный резерв на загрузку



Структура мощности на час зимнего максимума 2016 г. в ГВт, данные АО «СО ЕЭС»

Мировой рынок

\$5,8 млрд в год
с 2025 года

- Объем мирового рынка сетевых (grid-scale) систем хранения энергии в функциях вращающегося резерва к 2025 году – **\$5,8 млрд** (данные Navigant Research)
- Учетная прогнозная стоимость накопителей - **\$320 за кВт.ч** емкости
- Доля России на мировом рынке – **1-2%**, экспортная выручка **\$0,18 – \$0,37 млрд. в год**

Рынок РФ

\$0,09 – \$0,4 млрд
с 2025 года

- Мощность и энергоемкость систем хранения энергии, которые могут быть задействованы в функции вращающегося резерва, составляет **5,6 ГВт/ 18,5 млн кВт.ч.**
- Учетная прогнозная стоимость накопителей - **\$220 за кВт.ч** емкости, срок службы накопителей – не менее 30 лет, КПД накопителей не ниже 85%

Эффект для экономики РФ

\$0,07 – \$0,31 млрд
за вычетом инвестиций

- Эффект от замещения тепловой генерации во вращающемся резерве – **1,0 млрд рублей в год**
- Эффект от снижения УРУТ на 0,3% - **2,5 млрд рублей в год**
- Эффект от создания высокотехнологичной отрасли экономики (выручка новой отрасли при 50% локализации производства), обеспечивающей импортозамещение генерирующих мощностей накопителями – **15 млрд рублей в год**

2. Новая генеральная схема: кейс замещения генерации



Традиционная генерация

Установленная мощность, МВт	53,6
Количество часов в году, когда задействованы	3
Выработка электроэнергии за год, тыс. кВт.ч	161
Годовая плата за мощность, млн ₽	131,6
Плата за мощность на 1 кВт.ч выработки, ₽/кВт.ч	818



Накопитель энергии

Установленная мощность, МВт	53,6
Количество часов в году, когда задействованы	3
Выдача электроэнергии в сеть за год, тыс. кВт.ч	161
Стоимость строительства:, млрд ₽	3
Расчетный срок эксплуатации (320\$ за кВт*ч), лет	10
Стоимость строительства и содержания на 1 кВт.ч выдаваемой электроэнергии, ₽/кВт.ч	672



Суммарный экономический эффект за
10 лет
₽235 млн

Данные: ОАО «СО ЕЭС», НП «Совет рынка»

3. Экспорт водорода

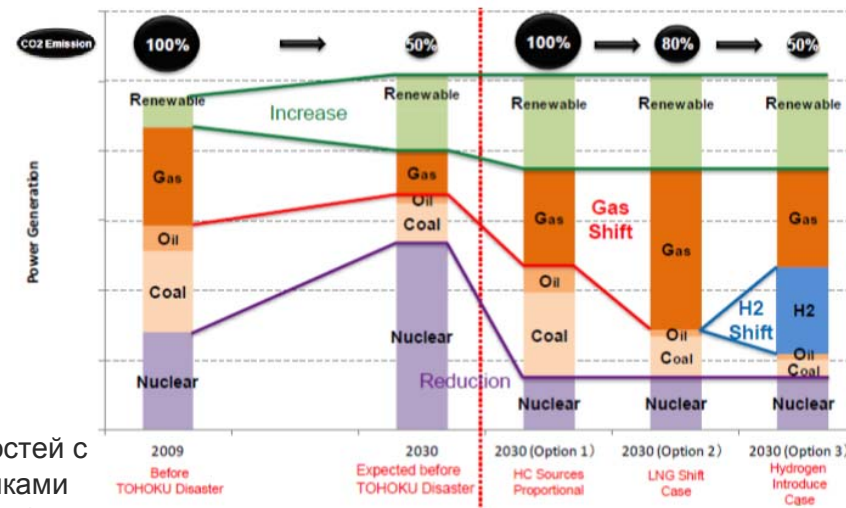
- Назначение: долгосрочная аккумуляция электроэнергии, производимой на недостаточно загруженных (находящихся в резерве) генерирующих мощностях или специально созданных генерирующих мощностях (ГЭС, ПЭС, АЭС)
- Принцип: поставка на экспорт в страны Азиатско-Тихоокеанского региона, являющиеся импортерами энергоносителей - Япония, Южная Корея, Китай, Малайзия и др.
- Базовая технология: аккумуляция и поставка электроэнергии в виде водородного топлива, например, с использованием органических гидридов



Ужесточение международных экологических соглашений



Недостижение договоренностей с ключевыми странами – рынками сбыта (Япония, Южная Корея)



Варианты Базового энергетического плана Японии 2030 г., данные Министерства экономики, торговли и промышленности Японии

Мировой рынок
\$30,0 млрд
с 2025 года

- Объем рынка водорода для применения в электроэнергетике и на транспорте к 2025 г. – **\$30 млрд/9 млн тонн** в год (данные Navigant Research)
- Прогнозируемая цена на водородное топливо – **\$3,5 за кг** (данные NEDO)
- Паритет стоимости нефтяного и водородного топлива для транспорта – при **\$50 за баррель**

Рынок РФ
\$0,5 – \$2,9 млрд
с 2025 года

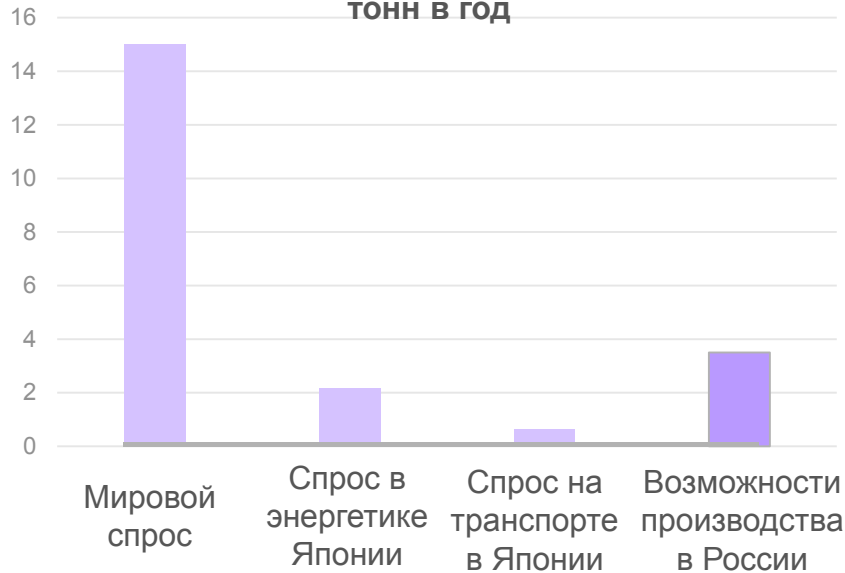
- Стоимость системы производительностью 3,9 тыс. тонн в год - **2 млрд рублей** (данные ЗАО «ГидроИнжиниринг Сибирь»)
- Потребление электроэнергии при производстве водорода – **4,1 кВт·ч/кг**
- Имеющийся резерв генерирующих мощностей – **45 ГВт**, или **157 ТВт·ч** в год при КИУМ 40% (данные СО ЕЭС) – **3,5 млн тонн** водорода в год
- Минимальный объем продаж для поставок на рынок Японии – **0,63 млн тонн** в год (оценка The Institute of Applied Energy, Japan)

Эффект для экономики РФ
\$1,14 – \$6,28 млрд
с 2025 года

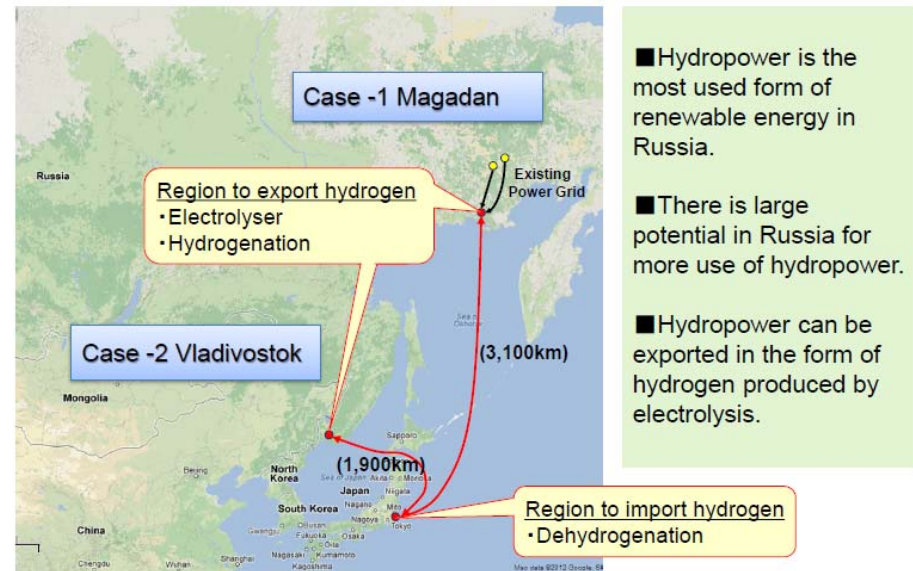
- Эффект оценивается как выручка от экспорта произведенного водородного топлива – **от 0,63 до 3,50 млн тонн** в год
 - при цене в **\$3,5 за кг** (данные NEDO)
 - при степени локализации оборудования для производства водорода – **50%** (или схема раздела продукции 50/50)
- Эффект от продажи H₂ Японии для транспорта – **\$1,14 млрд.**
- Эффект от продажи H₂ Японии для транспорта – **\$2,76 млрд.**

3. Экспорт водорода: кейс производства водорода на ДВ

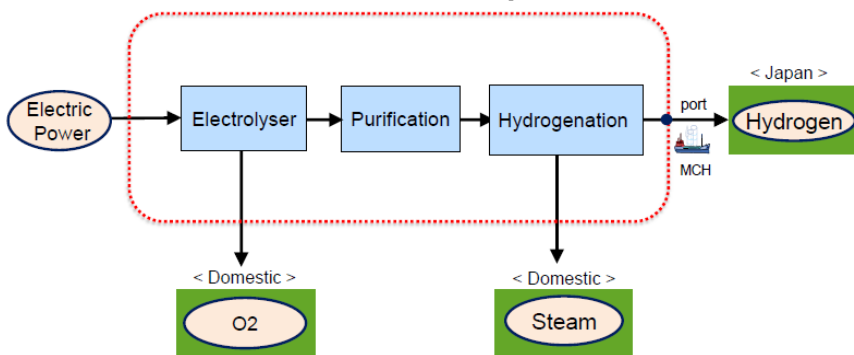
Потребление водорода в мире и производственные возможности России, млн. тонн в год



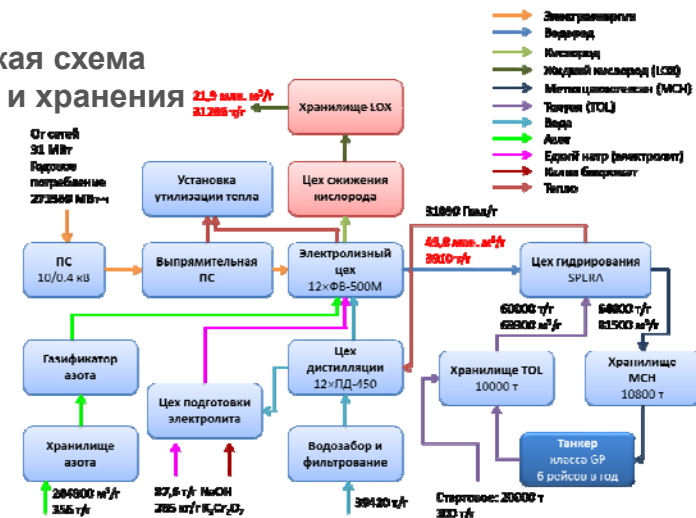
Логистическая схема поставки водорода в Японию (предложения Chiyoda Corp.)



Технологическая схема поставки водорода



Технологическая схема производства и хранения водорода



Данные: Navigant, Mizuho Research Institute, Chiyoda Corp. The Institute of Applied Energy