

Развитие ВТСП-технологий в компании СуперОкс

Самойленков Сергей Владимирович, к.х.н.
Генеральный директор ЗАО «СуперОкс»
ssv@superox.ru | +7 916 764 9002

Структура группы компаний

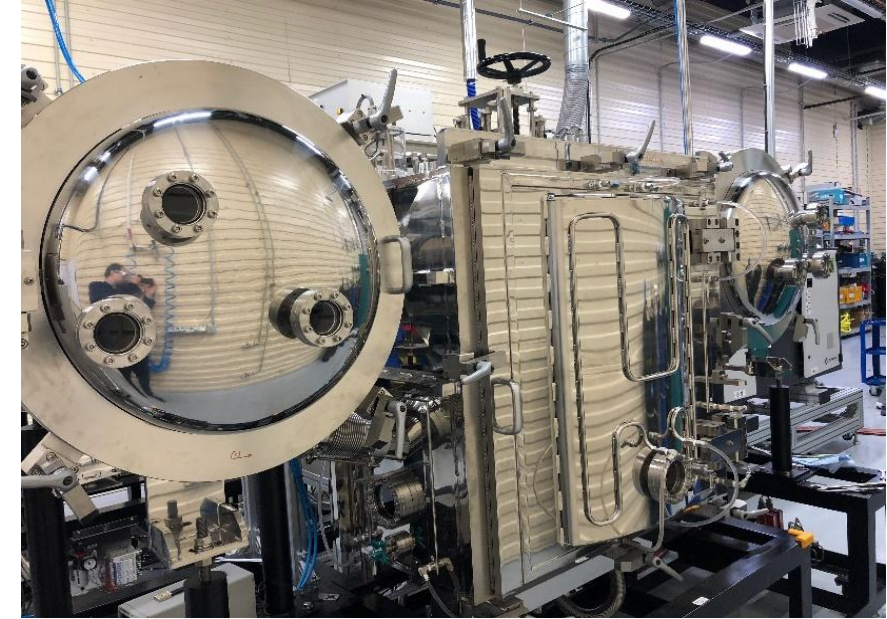
Частная. Высокотехнологичная. Российская.

ЗАО СуперОкс (2006) – разработка и производство ТООУ, систем электродвижения, двигателя для орбитального буксира

ООО С-Инновации (2011) - производство ВТСП-провода, развитие технологий, резидент Фонда Сколково

SuperOx Japan LLC (2011) – производство ВТСП-провода, развитие технологий, японский рынок

Около 100 сотрудников, 25 кандидатов наук,
средний возраст < 35 лет,
около 3000 м² производственных площадей





Национальный чемпион 2019

Самые инновационные компании «Техуспех»:
третье место из 129

ТОП "ИННОВАЦИОННЫЕ" РЕЙТИНГА «ТЕХУСПЕХ» – 2018

Прошлые рейтинги:
[2017](#) [2016](#) [2015](#) [2014](#) [2013](#) [2012](#)

ОСНОВНОЙ РЕЙТИНГ

БЫСТРОРАСТУЩИЕ

ИННОВАЦИОННЫЕ

ЭКСПОРТНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

[Крупные](#)

[Средние](#)

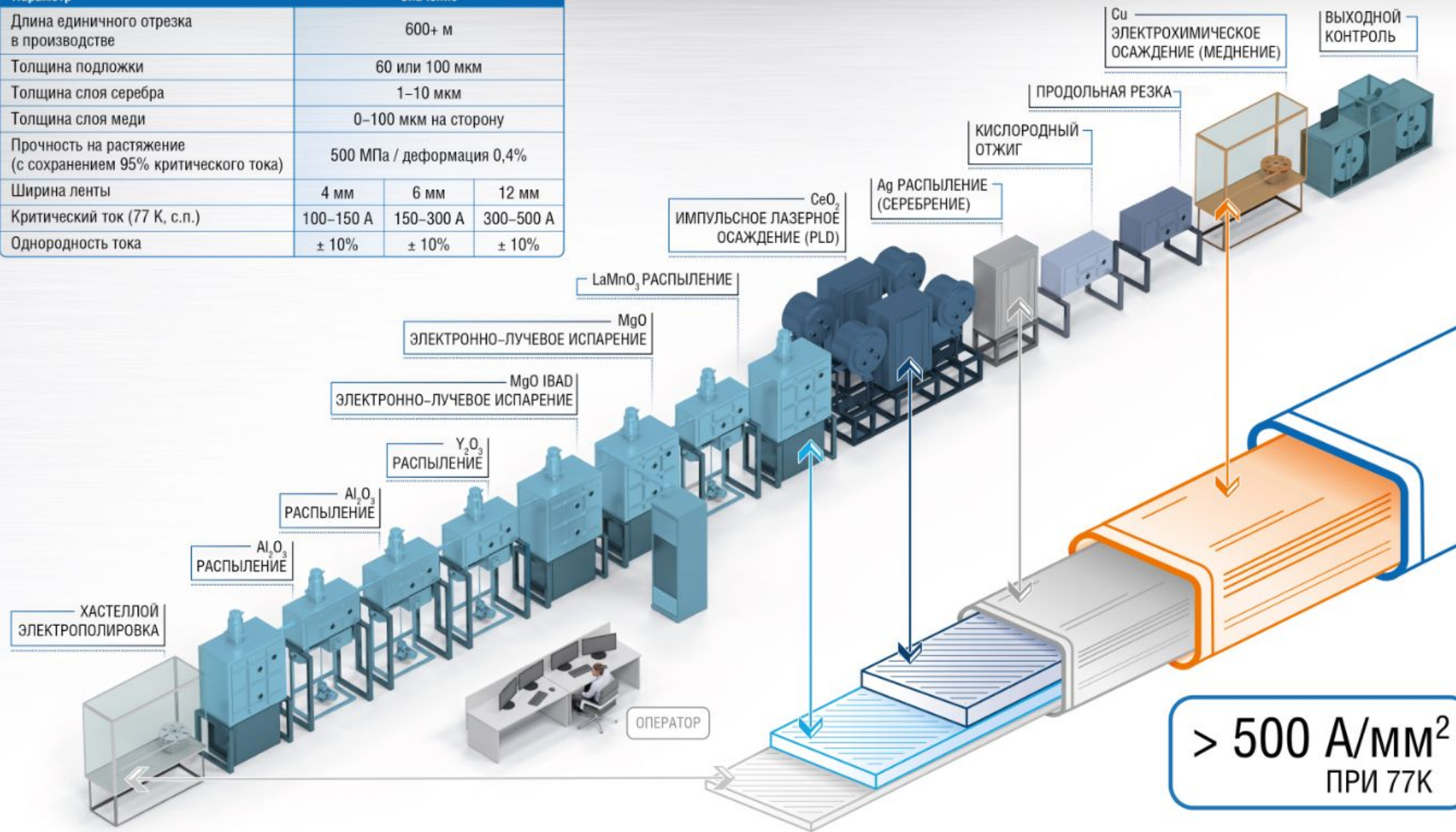
[Малые](#)

[ВСЕ](#)

1		ООО «Георезонанс»	Москва	Инжиниринг
2		ГК «Технопарк»	Москва	Материалы и химия
3		ЗАО «СуперОкс»	Москва	Энергетика

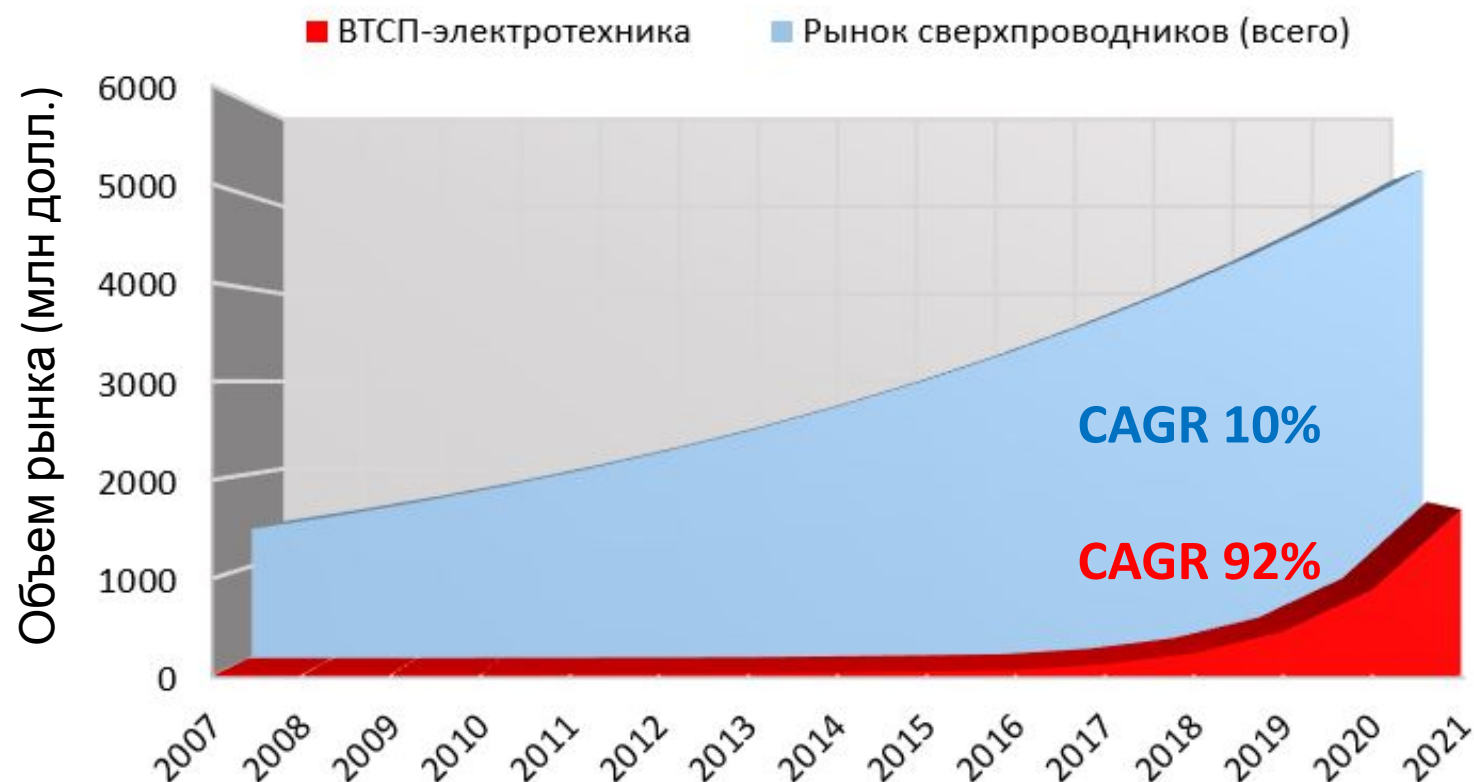
ВТСП-провод 2-го поколения

Параметр	Значение		
Длина единичного отрезка в производстве	600+ м		
Толщина подложки	60 или 100 мкм		
Толщина слоя серебра	1–10 мкм		
Толщина слоя меди	0–100 мкм на сторону		
Прочность на растяжение (с сохранением 95% критического тока)	500 МПа / деформация 0,4%		
Ширина ленты	4 мм	6 мм	12 мм
Критический ток (77 К, с.п.)	100–150 А	150–300 А	300–500 А
Однородность тока	± 10%	± 10%	± 10%



Рынок сверхпроводников

- Сверхпроводниковый рынок по разным оценкам составляет от \$3 млрд до \$8 млрд
- Основной рынок – томографы на основе НТСП, ВТСП – главный драйвер роста



Источники:

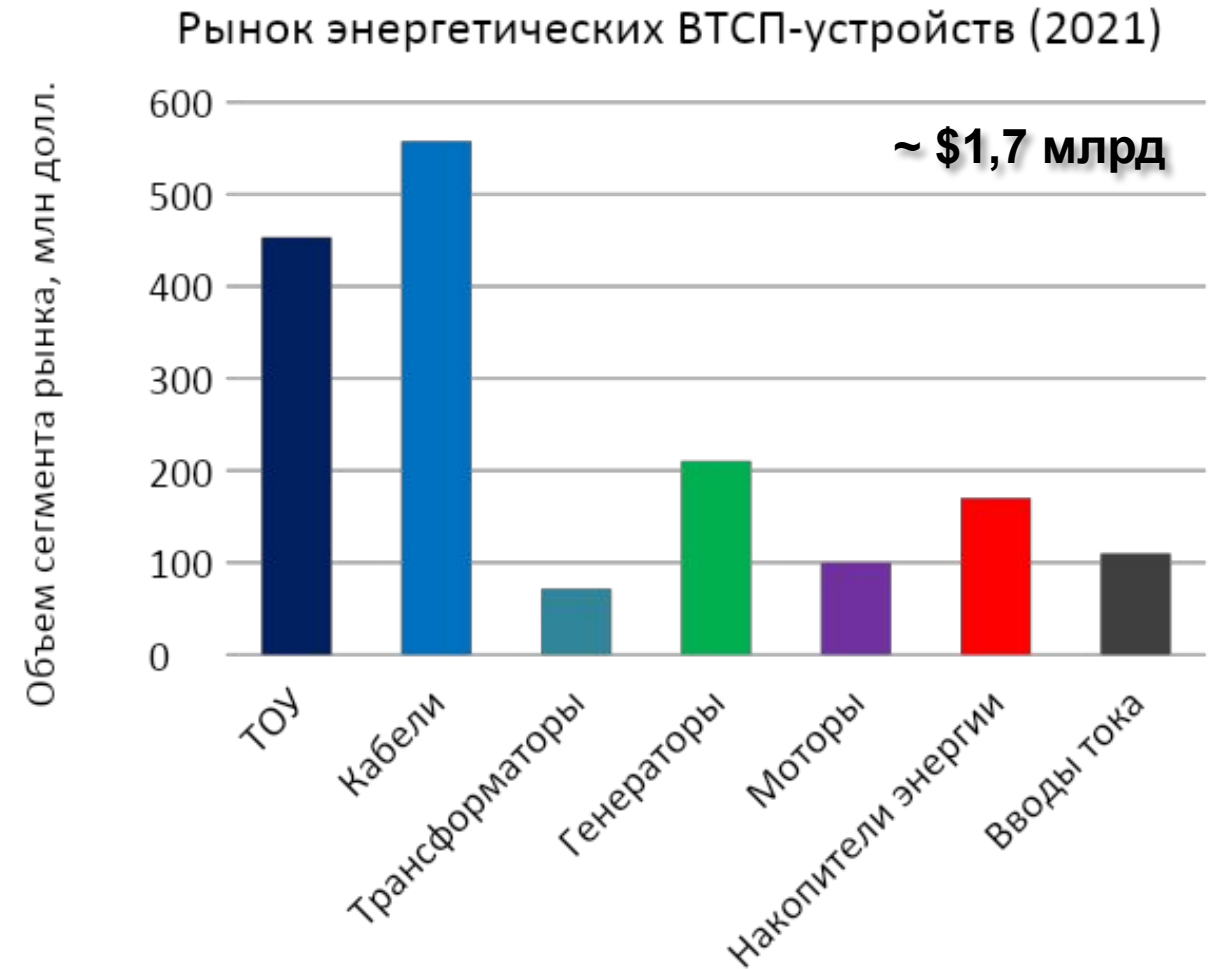
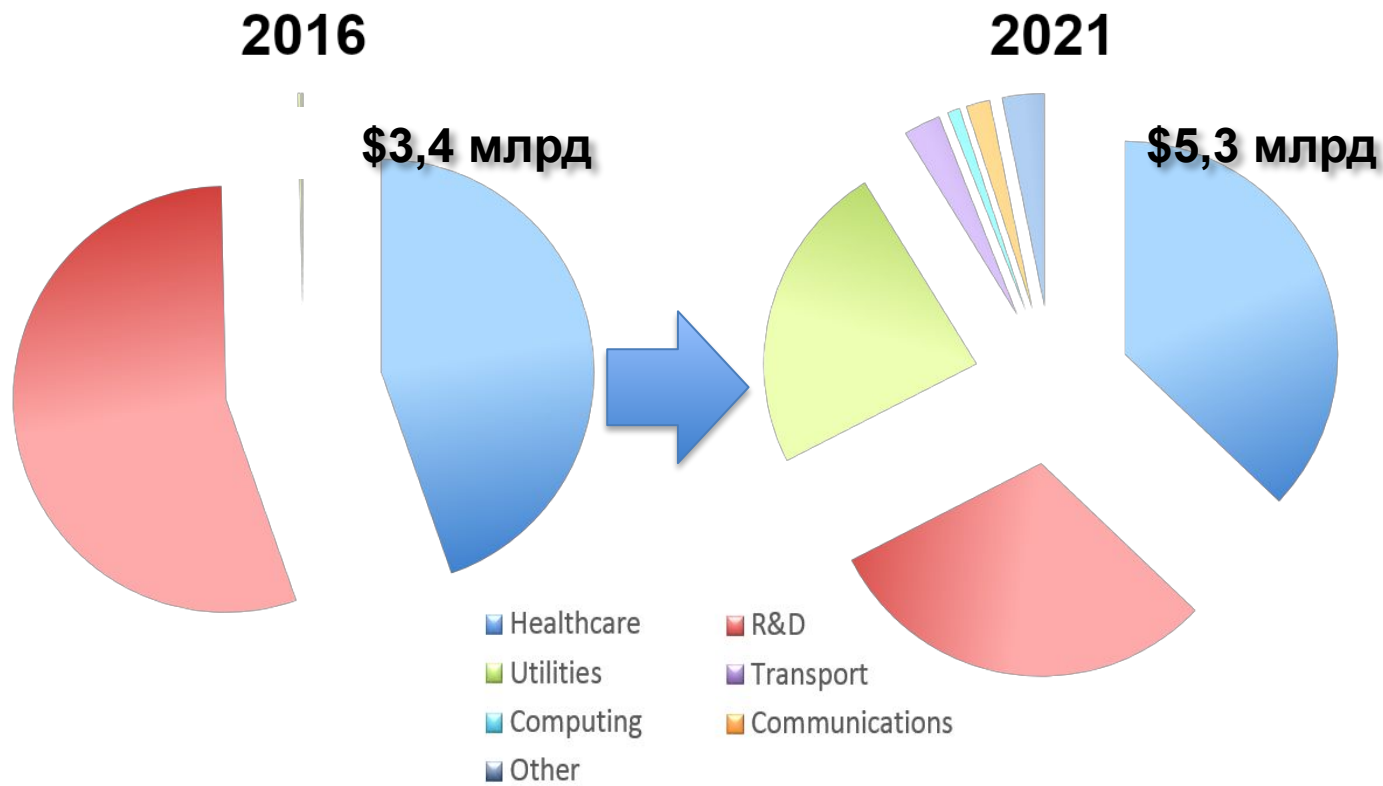
BCC Research, *Superconductors: Technologies and Global Markets, AVM066A-E, 2008, 2010, 2012, 2014, 2017*

Conectus, 2011, <http://www.conectus.org/market.html>

Global Industry Analysts Inc. *Superconductors. A global strategic business Report, MCP-6535, 2012*

Рынок сверхпроводников

Рынок ВТСП сильно диверсифицирован, как по отраслям применения, так и географически



Источник:

BCC Research, Superconductors: Technologies and Global Markets, AVM066E, 2017

Прогноз Всемирного энергетического агентства

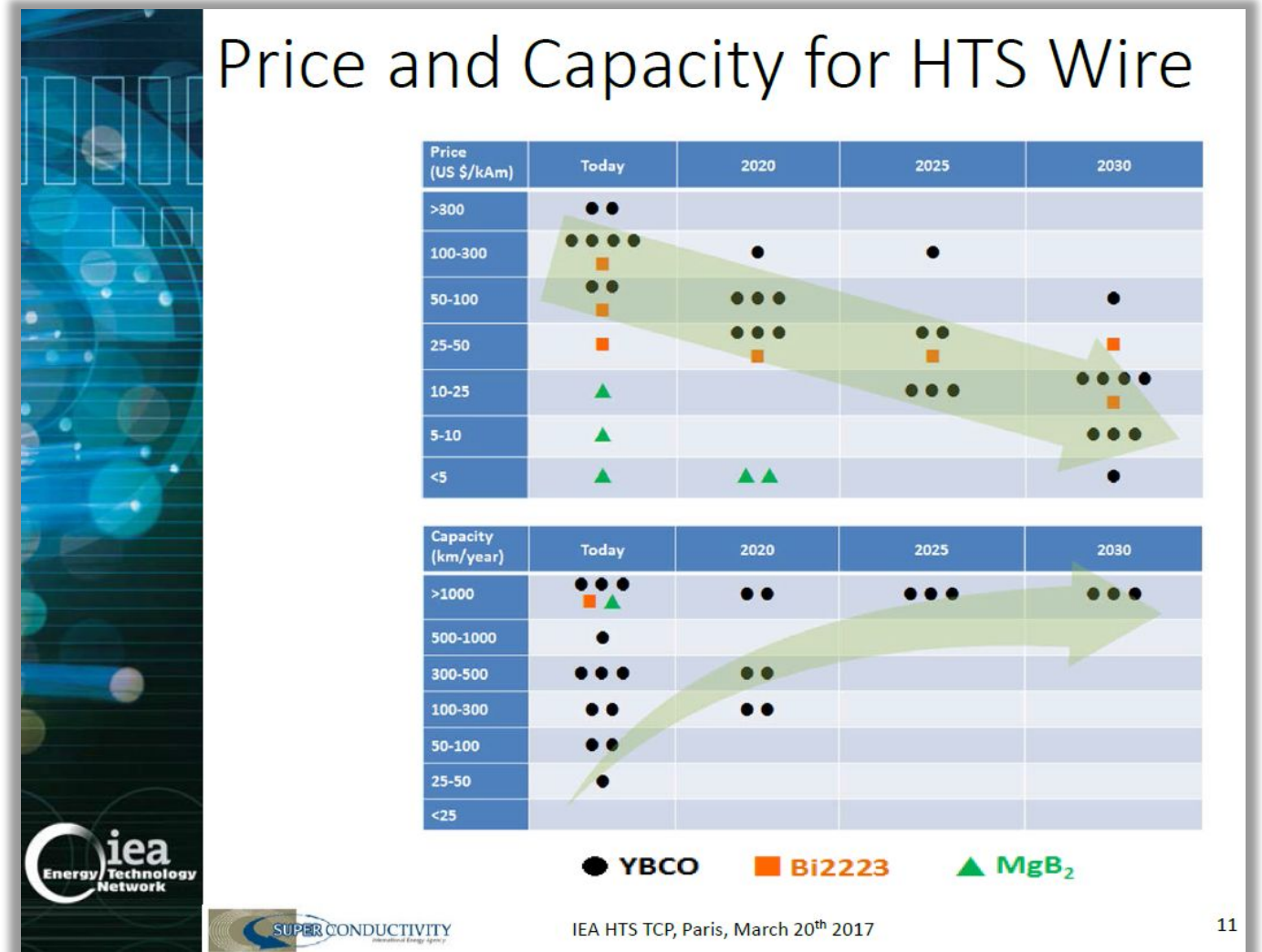
✓ **Увеличение количества**

✓ **Снижение цены**

2020 Стоимость: 100 \$/кА-м
 Объем: 300-500 км/год

2025 Стоимость: 50 \$/кА-м
 Объем : >1000 км/год

2030 Стоимость: 25 \$/кА-м
 Объем : >1000 км/год



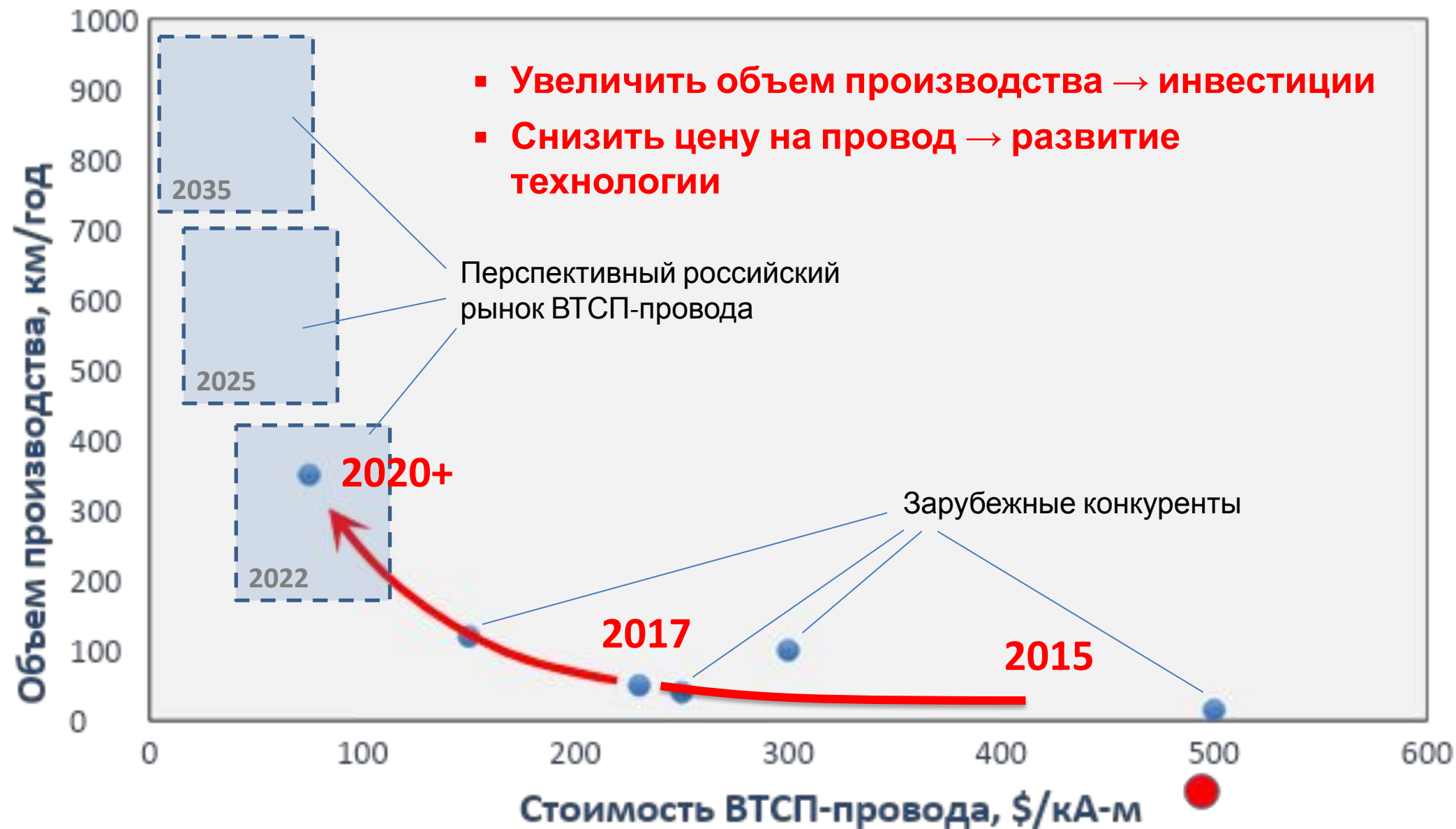
Источник: IEA HTS TCP, *Potential gaps and barriers for energy technology development and deployment : HTS TCP perspective, 2017*

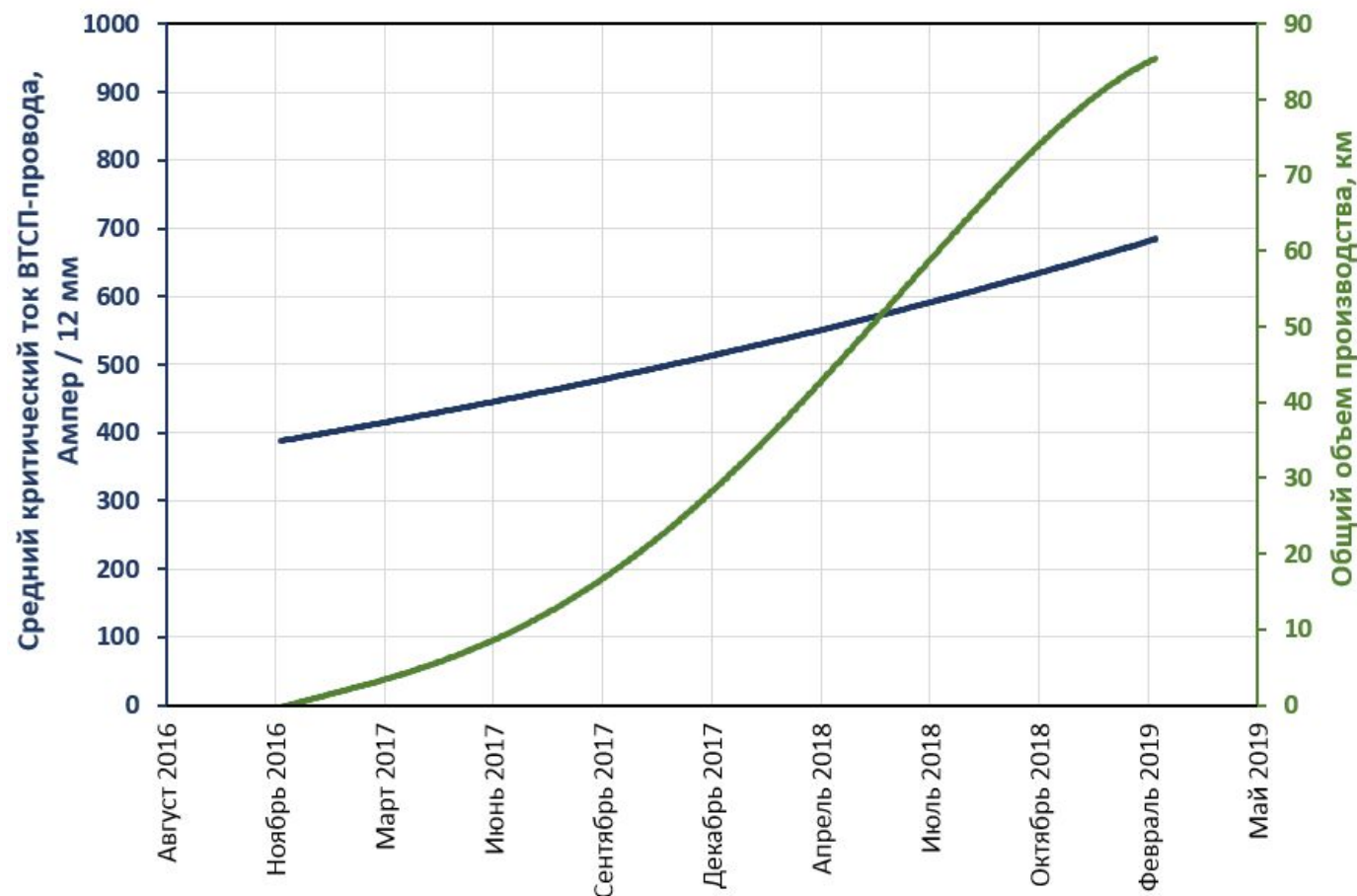
□ Производство высококачественного ВТСП-провода при снижении себестоимости

- Внедрение в техпроцесс современных цифровых технологий
- Кратное увеличение объемов производства
- Фокус на кастомизированный продукт с относительно высокой ценой

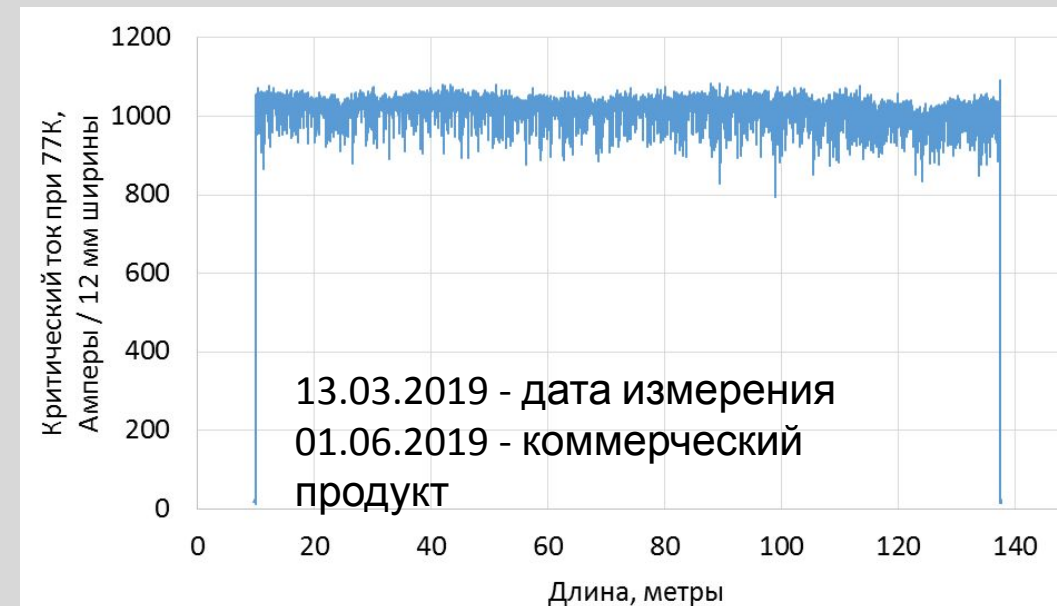
□ Производство ВТСП-оборудования с высокими конкурентными преимуществами

- Токоограничивающие устройства (ТОУ)
 - 110-220 кВ – Москва, Санкт-Петербург, НПЗ/ГПЗ, объединение энергосистем
 - 1-3 кВ – ж/д и метро, промышленность, судостроение, угольные шахты
- Силовые установки на основе ВТСП-электродвигателей
 - Создание гибридной силовой установки для электрического самолета и/или конвертоплана
- Электрический ракетный двигатель
 - Ключевая технология для орбитального буксира (снижение стоимости доставки на ГСО)





- Производство выведено на проектную мощность
- Увеличение качества за 2 года в 2 раза



Свойства при 77К в собственном поле:

Средний ток: 1024 А / 12 мм
 Минимальный ток: 800 А / 12 мм
 Максимальный ток: 1083 А / 12 мм

Длина 128 метров

□ Производство высококачественного ВТСП-провода при снижении себестоимости

- Внедрение в техпроцесс современных цифровых технологий
- Кратное увеличение объемов производства
- Фокус на кастомизированный продукт с относительно высокой ценой

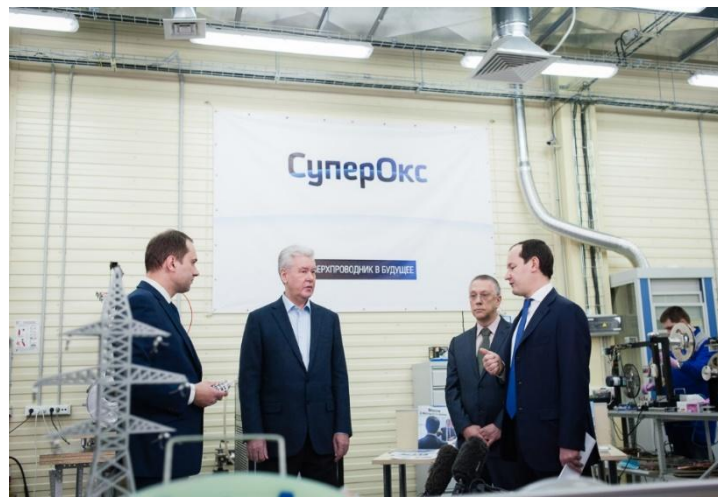
□ Производство ВТСП-оборудования с высокими конкурентными преимуществами

- **Токоограничивающие устройства (ТОУ)**
 - 110-220 кВ – Москва, Санкт-Петербург, НПЗ/ГПЗ, объединение энергосистем
 - 1-3 кВ – ж/д и метро, промышленность, судостроение, угольные шахты
- **Силовые установки на основе ВТСП-электродвигателей**
 - Создание гибридной силовой установки для электрического самолета и/или конвертоплана
- **Электрический ракетный двигатель**
 - Ключевая технология для орбитального буксира (снижение стоимости доставки на ГСО)

Токоограничивающее устройство (ВТСП ТОУ) 220 кВ

СуперОкс

2016-2019 ВТСП ТОУ 220 кВ для ПС «Мневники» - контракт с АО «ОЭК» на весь комплекс работ



Токоограничивающее устройство (ВТСП ТОУ) 220 кВ

ВТСП ТОУ – основа надежности энергосистем мегаполисов

- Ограничивает ток короткого замыкания в 5-10 раз в 100 раз быстрее аналогов
- Снижает критическую зависимость от импорта силовых выключателей КРУЭ
- Повышает связность и устойчивость сети, дополняя экономический эффект от цифровизации

Экономический эффект от внедрения

- В энергосистеме Москвы – 147 млрд руб. Десять ТОУ заменяют 115 импортных КРУЭ 220 кВ, повышая пропускную способность сети 220 кВ на 35% и снижая потери в ней на 2%
- В энергосистеме Санкт-Петербурга – 35 млрд руб. Девять ТОУ 110 кВ заменяют 106 КРУЭ 110 кВ, повышая пропускную способность сети 110 кВ на 150% и снижая потери на 3,5 %

Пилотное внедрение ВТСП ТОУ 220 кВ

- Первое ВТСП ТОУ в Российской Федерации вводится в эксплуатацию на высоковольтной подстанции «Мневники» (Москва).
- Самое мощное токоограничивающее устройство в мире на сегодняшний день, ограничивает мощность короткого замыкания с 2000 до 300 мегаватт
- Статус национального проекта (Минэнерго)
- Экономический эффект от пилотного проекта – около 4 млрд руб. за счет снижения потребности в закупке импортных КРУЭ с большой отключающей способностью

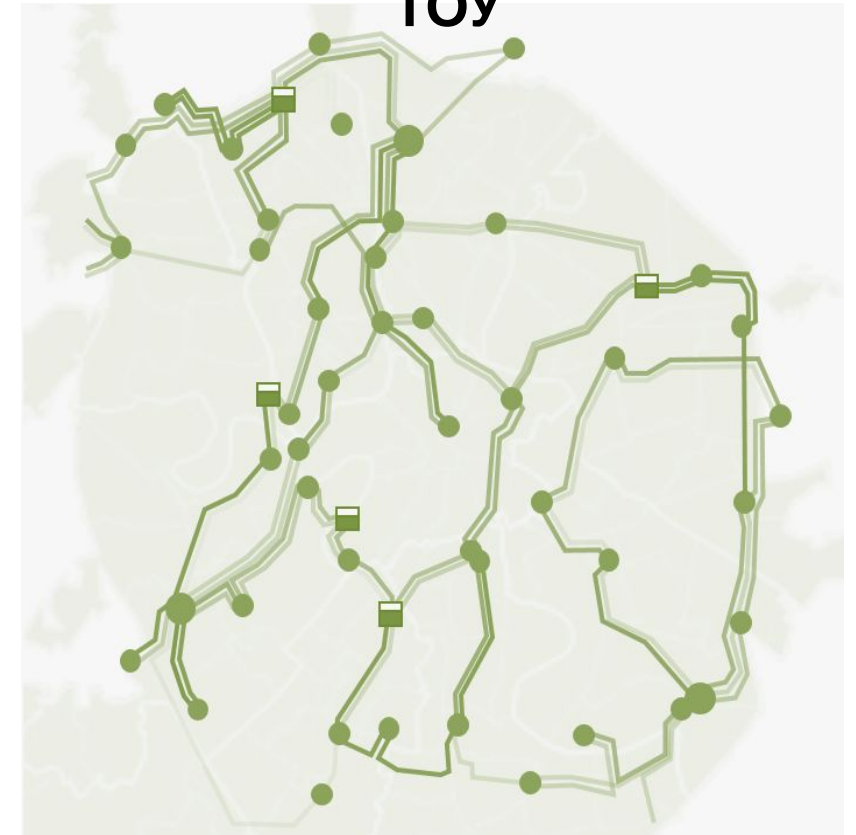
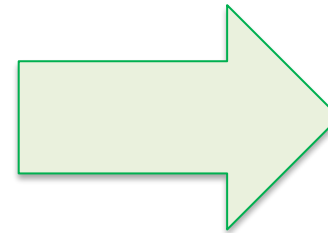


Применение ВТСП ТОУ восстанавливает работу кольцевой схемы электроснабжения города

Существующая
секционированная сеть Москвы

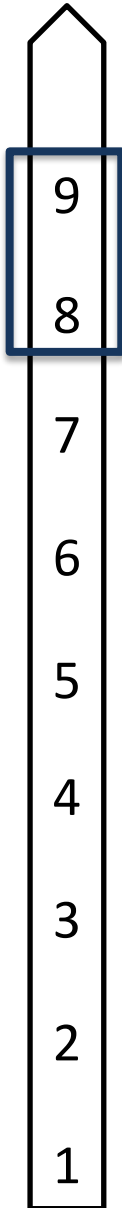
Объединенная сеть
после установки 10 ВТСП
ТОУ

Загрузка
линий



Источник: «Оценка технико-экономического эффекта применения токоограничивающих устройств на основе высокотемпературной сверхпроводимости для условий энергосистемы г. Москвы и Московской области», АО «Институт «ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ», 2017

Уровень готовности технологии



2016

год выхода на рынок

100 млрд руб.

объем рынка РФ до
2035

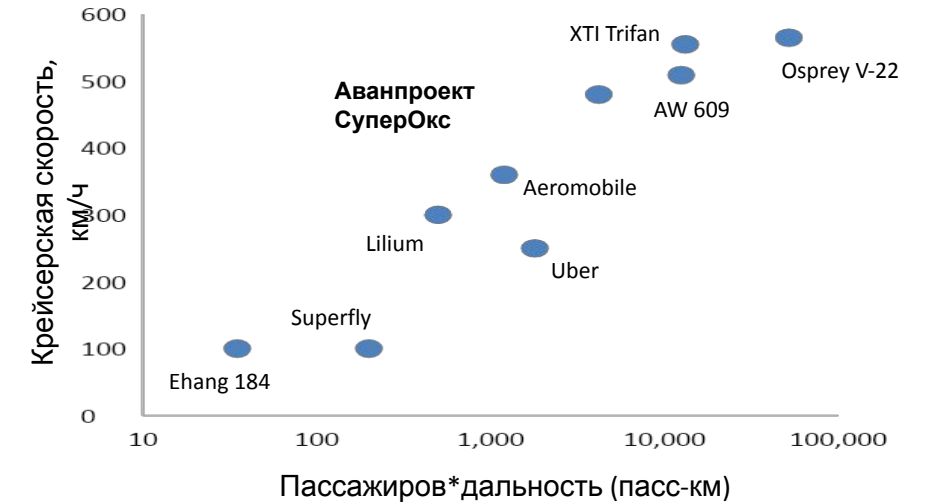
Финансировани

е:

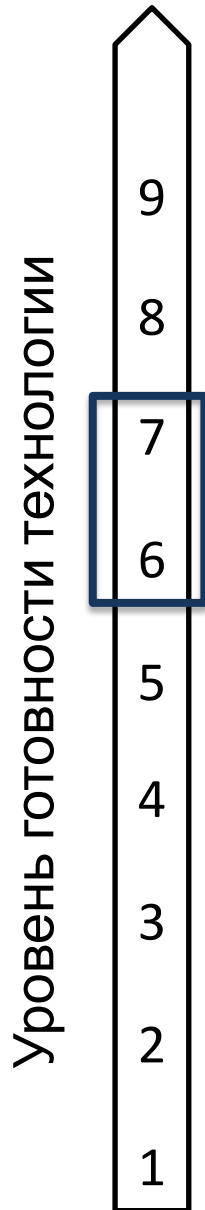
Фонд развития
промышленности,
инвестпрограммы
энергокомпаний

Силовые установки для авиации

- ВТСП-электродвигатели при высокой мощности обладают рекордно малым весом, что позволяет создавать силовые установки для летательных аппаратов вертикального взлета и посадки
- Существенное влияние на рынок узкофюзеляжных самолетов: около \$3 трлн до 2035 года
- Летательные аппараты с вертикальным взлетом способны значительно трансформировать рынок перевозок



Источники: Аванпроект СуперОкс-Аэроксо (2017), Airbus, Uber, Aurora Flight Sciences, XTI, Aviation Week и др.



2016

начало НИОКР

2020+

год выхода на рынок

3 трлн долл.

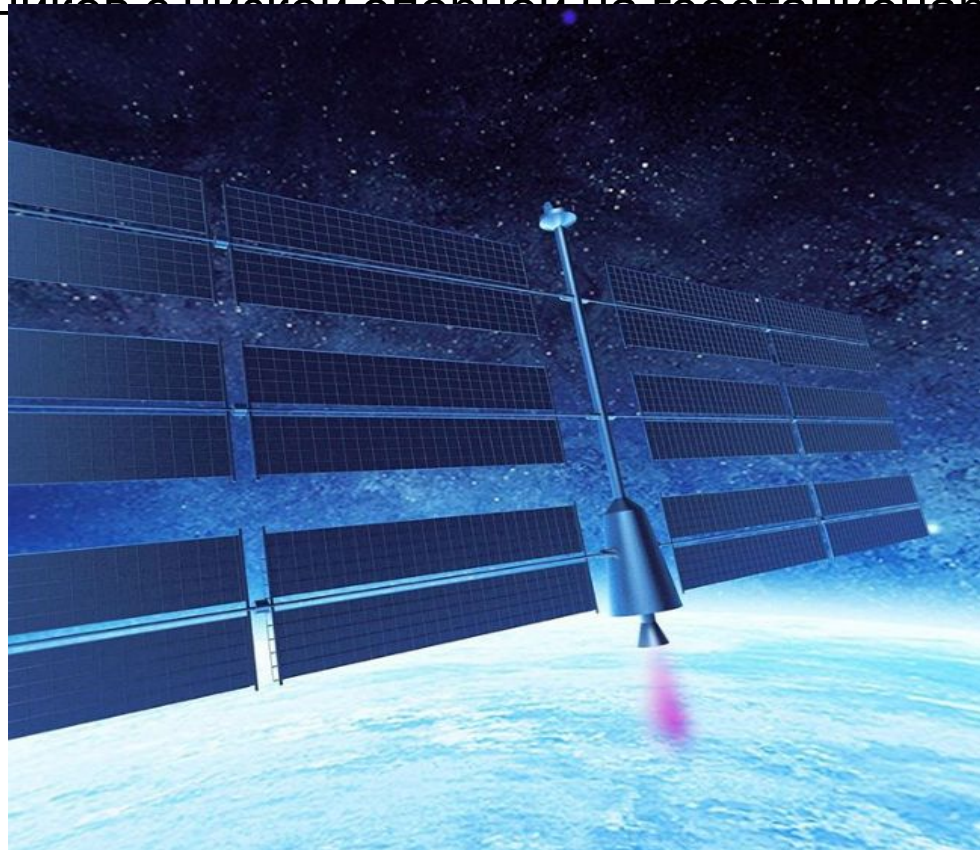
объем рынка до 2035*

Финансирование:

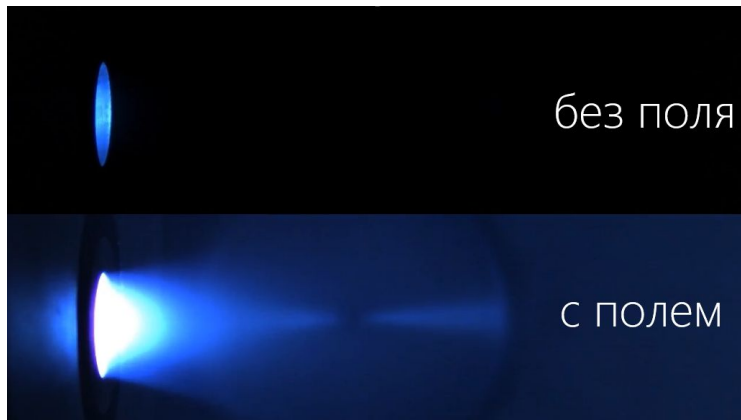
Фонд перспективных исследований,
Минпромторг, собственные средства

Электрический ракетный двигатель (ЭРД)

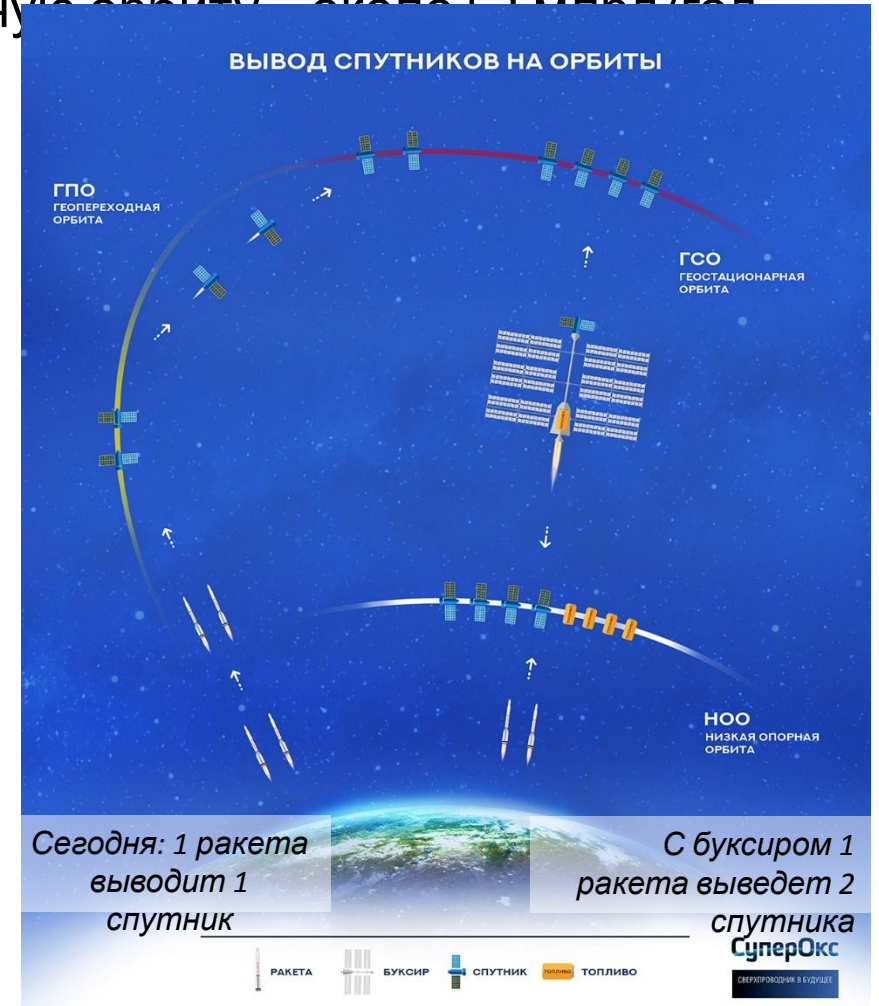
- ЭРД потребляет в 10 раз меньше топлива, чем двигатели на керосине, что позволяет создать орбитальный буксир
- ВТСП-технология обеспечивает высокие магнитные поля, необходимые для ЭРД высокой мощности
- Обеспечение доставки спутников с низкой опорной геостационарную орбиту стоит \$2 млрд/год

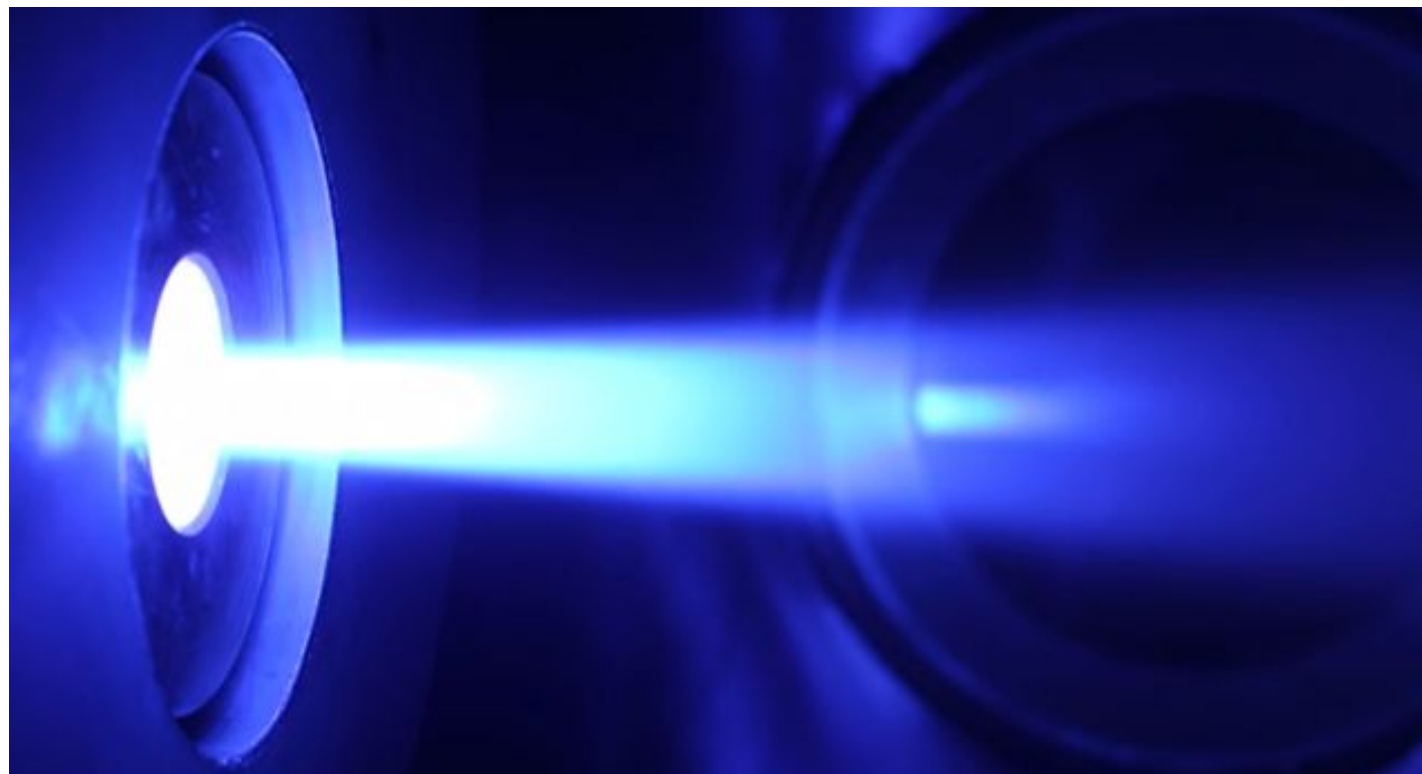
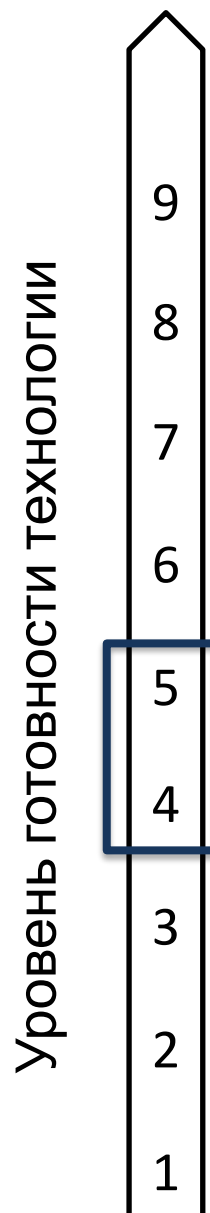


Концепция орбитального буксира



Подтверждение концепции: испытания ЭРД СуперОкс с внешним магнитным полем, создаваемым ВТСП-магнитом, 2017





2016

начало НИОКР

2020+

год выхода на рынок

2 млрд долл.

годовой объем рынка*

Финансирование:

собственные средства

* рынок услуг вывода спутников с НОО на ГСО

доля услуг с применением буксира

уточняется

в ходе ТЭО

Спасибо за внимание!

сверхпроводимость.рф