



## **Скорость технологического прогресса, нанотехнологии и общество**

**С.В.Калюжный**

Советник Председателя Правления по науке – Главный ученый  
УК РОСНАНО

# Содержание

- Введение: Хронология технологического прогресса
- Нанотехнологии и электроника
- Как наноэлектроника и ИКТ изменяют нашу жизнь на примере беспилотных транспортных средств?
- Нанотехнологии и новые материалы
- Резюме

# Ускорение технологического прогресса



Движение луддитов

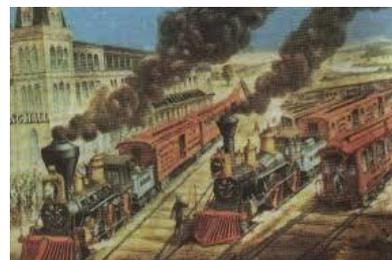
Первобытный человек



Неолитическая аграрная революция



Промышленная революция



Изобретение лампочки



400 тыс. лет

12 тыс. лет

105 лет

~ 400 тыс.  
лет назад

~ 10 тыс.  
лет назад

~1770 г.

1875 г.

# Ускорение технологического прогресса

Первый  
искусственный  
спутник



Интернет



Расшифровка  
генома  
человека



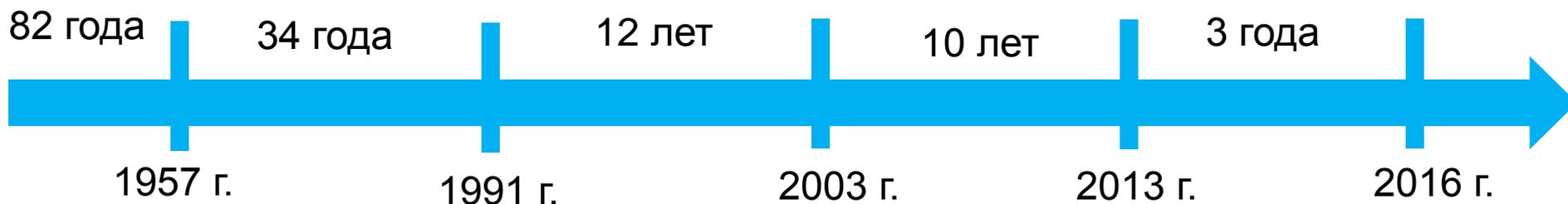
Межзвездный  
зонд  
вышел за  
пределы  
Солнечной  
системы



Искусственный  
интеллект  
выиграл у  
чемпиона  
в го

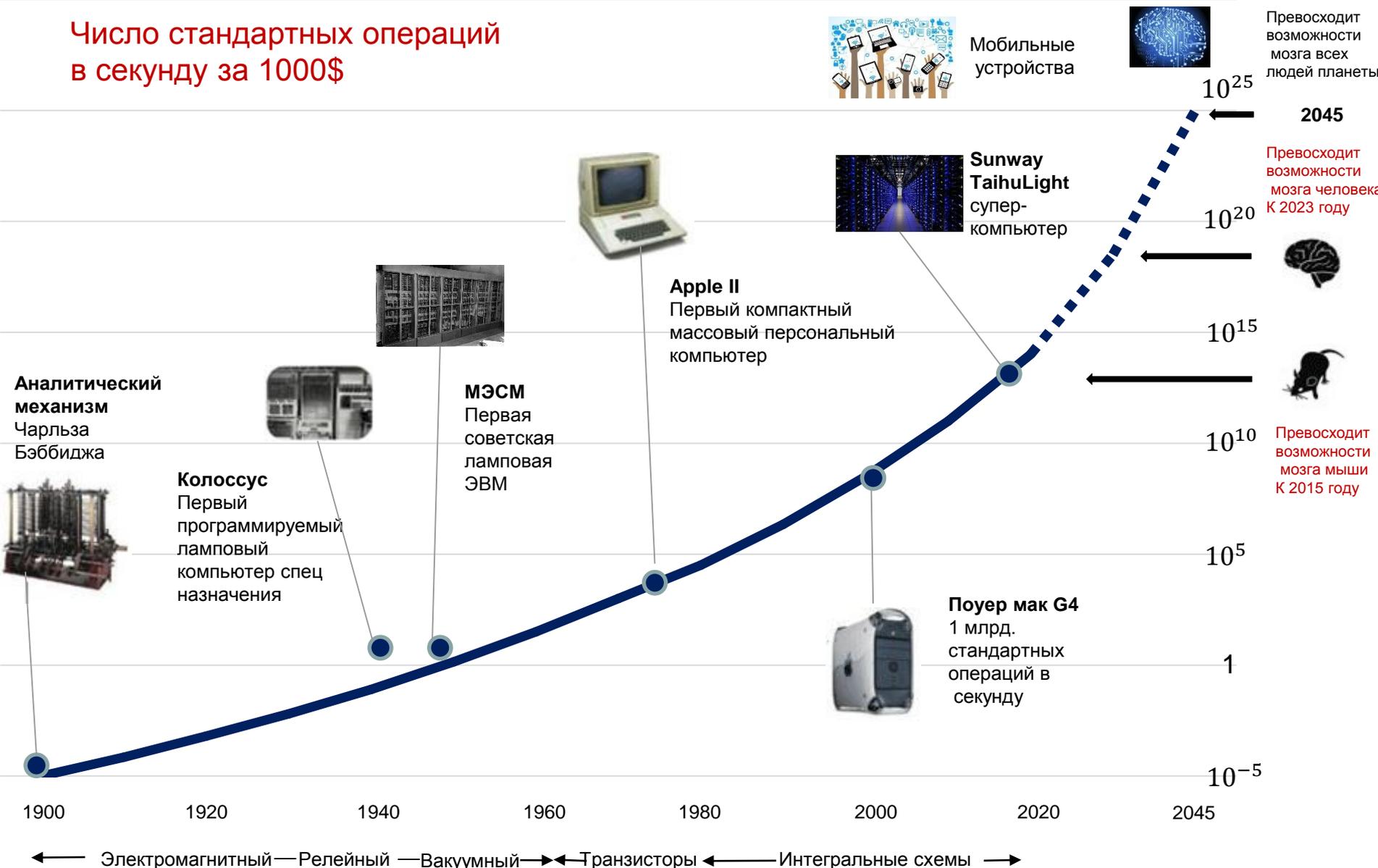


AlphaGo



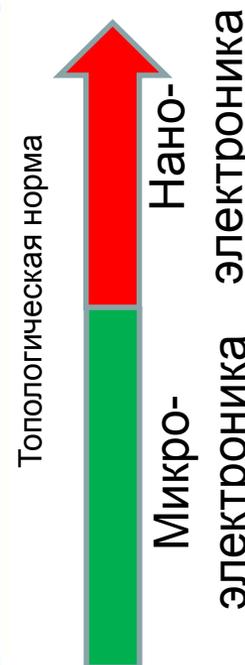
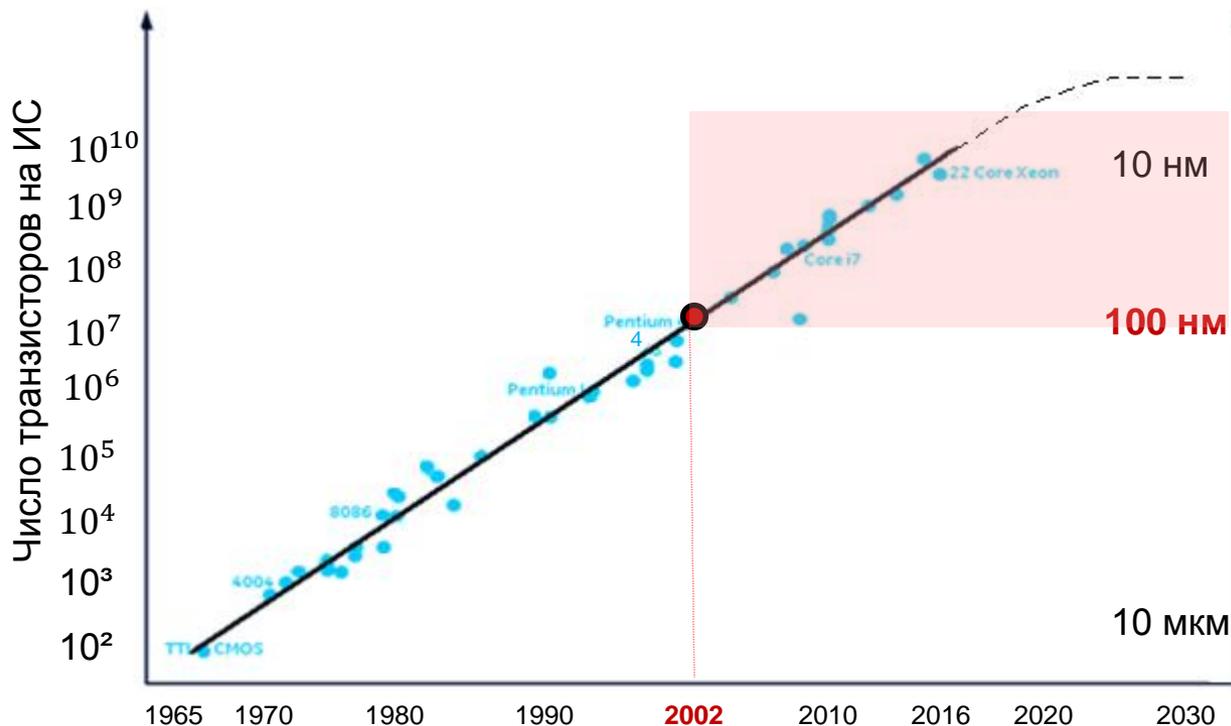
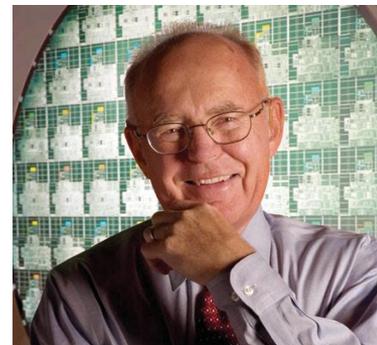
# Экспоненциальный рост производительности компьютеров

Число стандартных операций  
в секунду за 1000\$



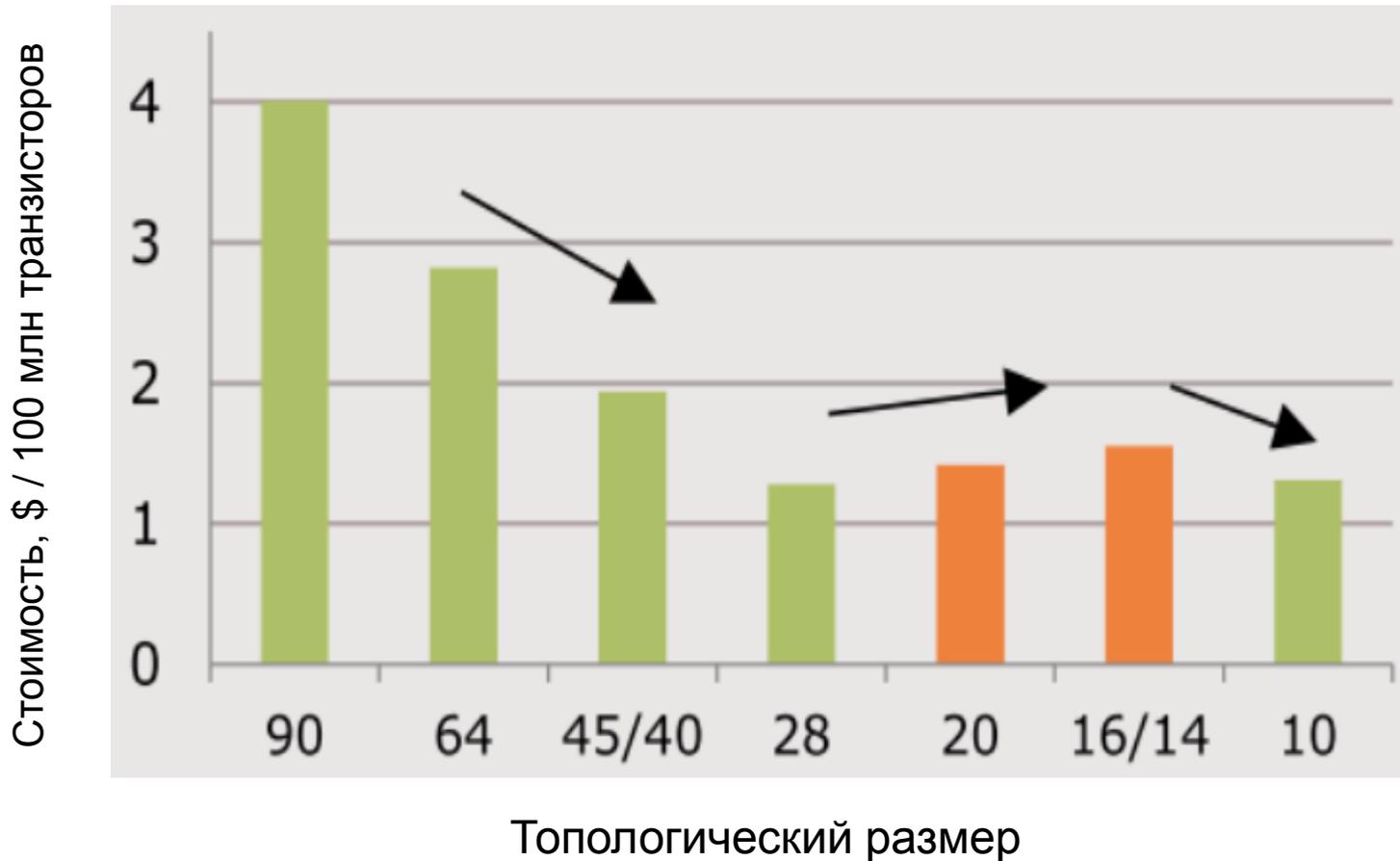
# Микроэлектроника → Наноэлектроника

**Закон Мура:** количество транзисторов, размещаемых на кристалле ИС\* **удваивается** каждые **2 года**



**Одновременное  
снижение  
удельной  
стоимости ИС**

# Конец закона Мура



Принцип снижения удельной стоимости **нарушается** с топологического размера 28 нм (2010 г.)



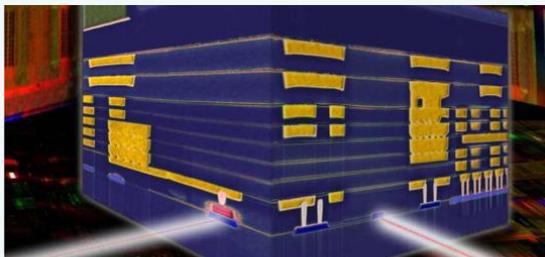
# Как ответить на вызов?

## Перспективные направления нанoeлектроники и нанофотоники

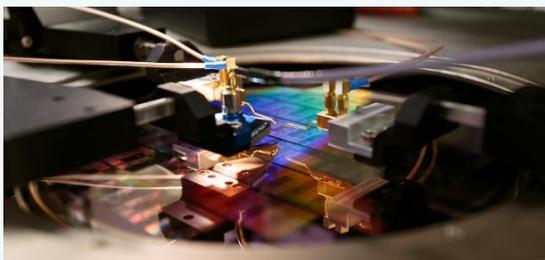
### Новые материалы

- Полупроводниковые материалы Ge, A<sup>III</sup>B<sup>V</sup>
- Использование двумерных слоев – HfO<sub>2</sub>, графен

GaAs: частота до 150 ГГц



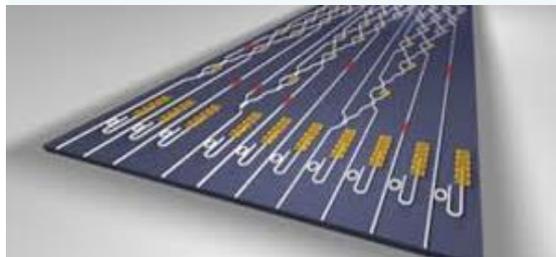
Графен: транзистор IBM 1000 ГГц



### Гибридные технологии

- Кремниевая фотоника
- Фотонные интегральные схемы
- Фотонные вычисления

Гетерогенная интеграция



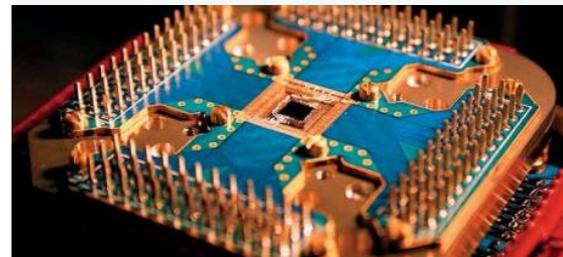
Оптические компьютеры



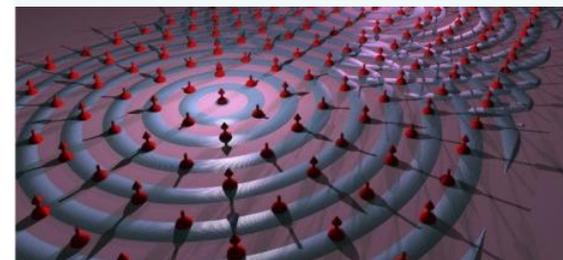
### Квантовые компьютеры

- Кубиты – квантовое ускорение алгоритмов
- Квантовая криптография
- Спинтроника

Ускорение в 100 млн раз



Магнетоэлектроника: 22ТГц



# «Мы рождены, чтоб сказку сделать былью...»



- **Все** крупные автопроизводители + Google активно разрабатывают беспилотные автомобили
- Uber уже тестирует **беспилотные автомобили** на дорогах общего пользования в США
- **Автономные такси** будут использоваться в Токио **во время олимпиады** в 2020 г.



# Драйверы развития беспилотных автомобилей

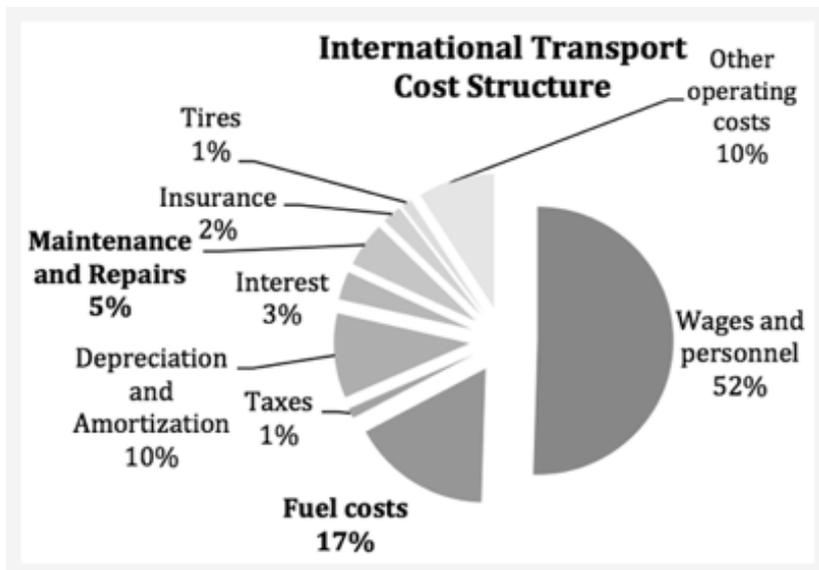
## Спасение человеческих жизней

- 1.24 млн смертельных ДТП по вине водителей в мире ежегодно
- 15 смертей/100 тыс. населения/год;
- 90% смертей по вине водителей (40% - пьянство)



## Экономическая выгода

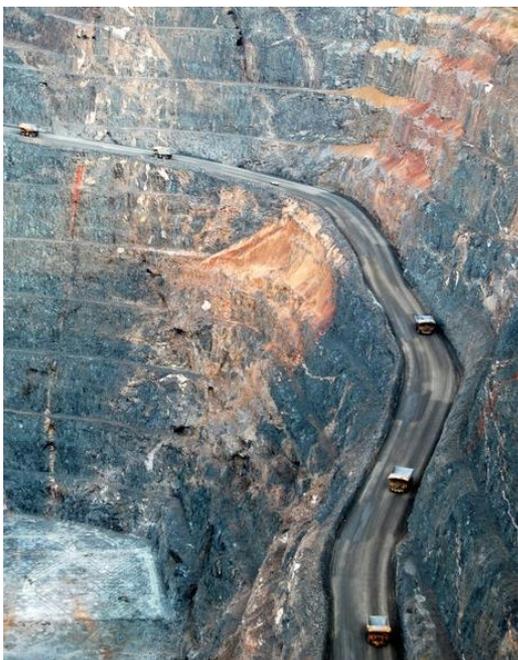
- ~ **50%** затрат транспортных компаний – зарплата водителей
- **Снижение расхода топлива** за счет оптимального стиля вождения
- Сокращение **времени перевозки** (автопилоту не нужен отдых)



# Что дает внедрение беспилотных транспортных средств?

	Уровень проникновения БТС в США		
	10%	50%	90%
<b>Экономический эффект</b>			
Спасенные жизни	1 100	9 600	21 700
Предотвращение аварий, штук	211 000	1 880 000	4 220 000
Снижение экономических затрат, млрд \$	17,7	158,1	355,4
<b>Уменьшение дорожных пробок и кол-ва парковок</b>			
Экономия времени, млн часов	756	1680	2772
Экономия топлива, млн л	386	848	2740
Экономия на пробках, млрд \$	16,8	37,4	63,0
Экономия на парковках, млрд \$	3,2	15,9	28,7
<b>Итого в год, млрд \$</b>	<b>37,7</b>	<b>211,5</b>	<b>447,1</b>

# Российские технологии: беспилотный КАМАЗ



**Июнь 2015 г.** – испытания первого беспилотного КАМАЗа (АО «КАМАЗ», АО «ВИСТ Групп» и Cognitive Technologies):

- движение на основе данных, получаемых с радара, лидара, видеокамер
- движение по информации, получаемой с видеокамер и сигналов GPS/Глонасс

**Октябрь 2015 г.** – испытания на трассе (1 км без водителя)

Серийный выпуск ожидается в **2025 г.** Основное назначение – работы на карьерах (движение по знакомой траектории). Скорость до 60 км/ч.

- **Распознавание препятствий** с 70-100 м;
- время реакции - **< 0,3 сек.**;
- понимание дорожной разметки и знаков;
- движение **в колонне**;
- маневры типа змейка, поворот, разворот.



# Российские технологии: беспилотный автобус в Сколково

Май 2016 г. – в Сколково запущен беспилотный автобус Volgabus («Волжанин»):

- способен передвигаться по **закрытой территории** студенческих городков, выставочных комплексов и гостиниц;
- рассчитан на 6 пассажиров;
- длина 6 метров;
- максимальная скорость 20 км/ч.

В **2018 г.** планируется выход на **открытые городские маршруты** Волгограда.



# Беспилотные летательные аппараты (дроны)



## Сферы использования:

- Аэрофотосъемка и топография
- Экологический мониторинг
- Доставка товаров и людей
- Оборона

# Первое беспилотное пассажирское такси-дрон



## EHANG 184

Старт перевозок:  
**июль 2017 г.** (Дубай)

Высота: до 900 м  
Полезная нагрузка: 110 кг  
Скорость: до 160 км/ч  
Время полета: 30 минут  
Дальность: 40-50 км

# Последствия внедрения БТС для общества

1. **Безработица** среди водителей и обслуживающего персонала вдоль трасс
2. **Изменение** городской среды:
  - снижение количества автомобилей
  - парковки переедут
3. **Банкротство** большинства нынешних автопроизводителей
4. **Изменение** бизнес-модели: услуга вместо машины
5. **«Невыносимая легкость бытия»** или **Новое качество** жизни людей:
  - высвобождение свободного времени
  - улучшение качества жизни пожилых людей, людей с ограниченными возможностями
6. **Рост** рынка цифрового контента

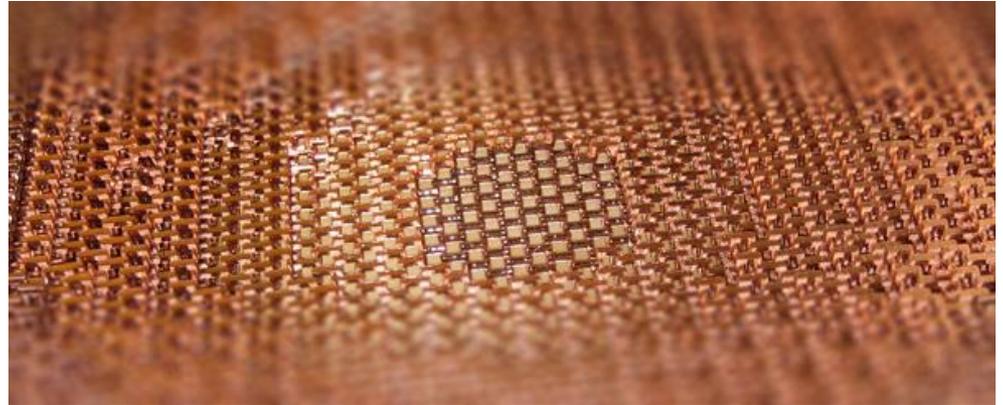


# Новые материалы → наноматериалы



# Метаматериалы

Композитные материалы, свойства которых обусловлены не столько индивидуальными физическими свойствами их компонентов, сколько **микроструктурой**.



В природе

В метаматериальной среде

Положительное преломление

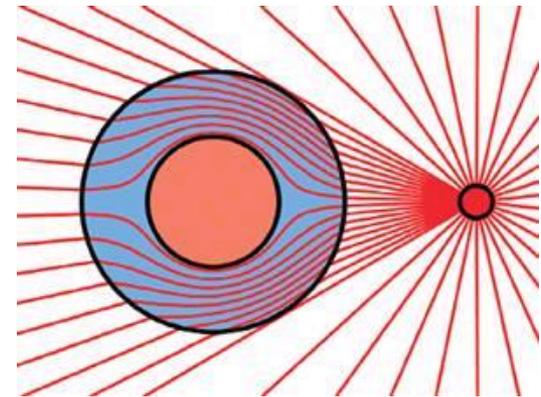
Отрицательное преломление



свойства,  
которых нет в  
природных  
объектах

## Плащ-невидимка

Потенциальное применение:  
маскировка



свойства,  
которых нет в  
природных  
объектах



## Чернее черного

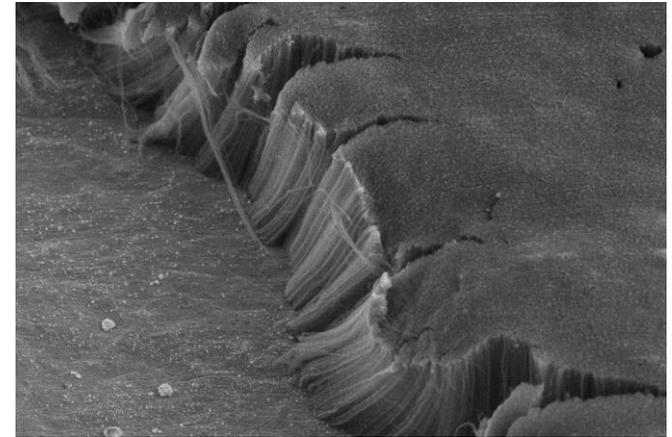
### Vantablack

Surrey Nanosystems

Потенциальное применение:

- “теплозащитный камуфляж”
- элементы телескопа
- искусство

*“Лес” из  
вертикально  
ориентированных  
нанотрубок*



**Поглощает 99.965% падающего  
УФ, видимого и ИК света**

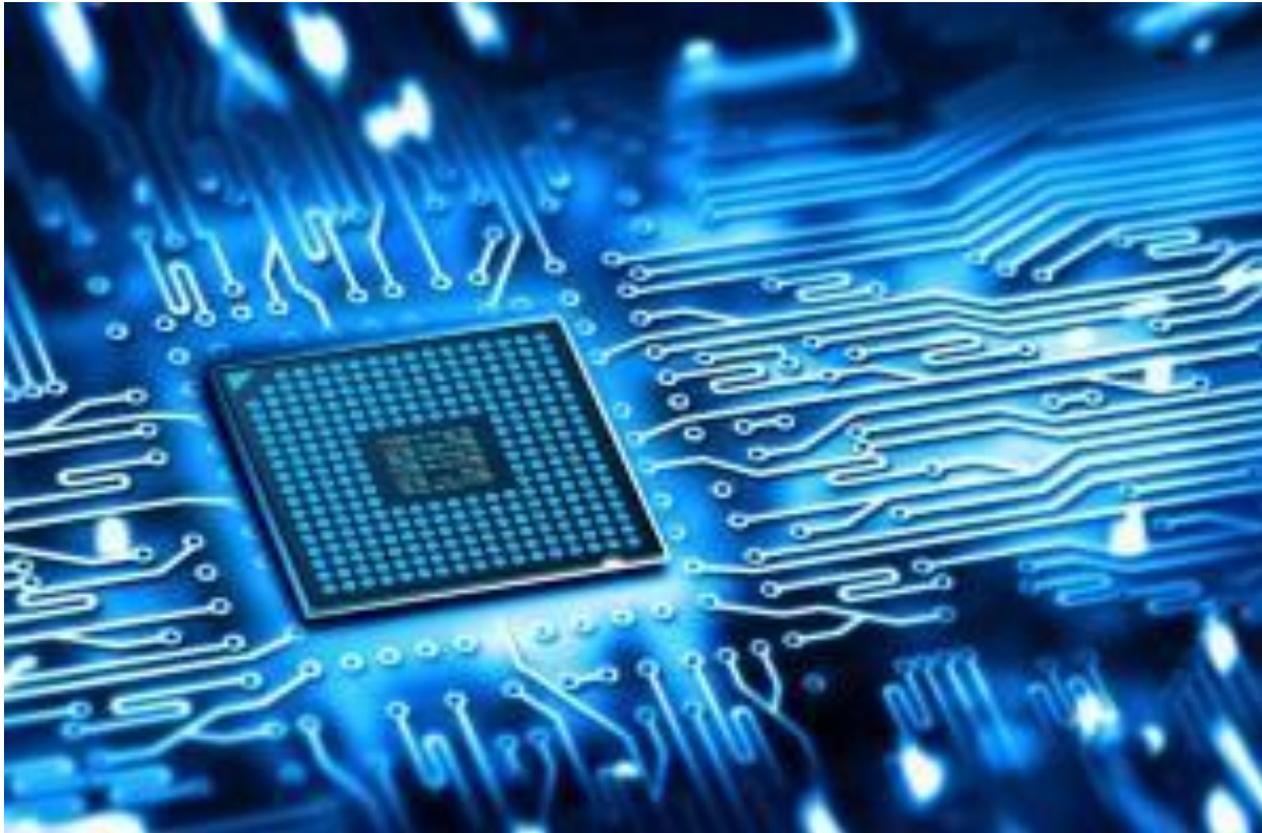


Объект, покрытый веществом Vantablack, в Музее науки в Лондоне



**свойства,  
которых нет в  
природных  
объектах**

1. Бурное развитие ИКТ требует дальнейшего революционного развития **нанотехнологий**



# Резюме

2. Экспоненциальный рост мощности компьютеров и ускоренное развитие искусственного интеллекта на основе нейросетей будет сопровождаться массовой **безработицей**, существенными **общественными изменениями** и приведет, вероятно, к **сингулярности**



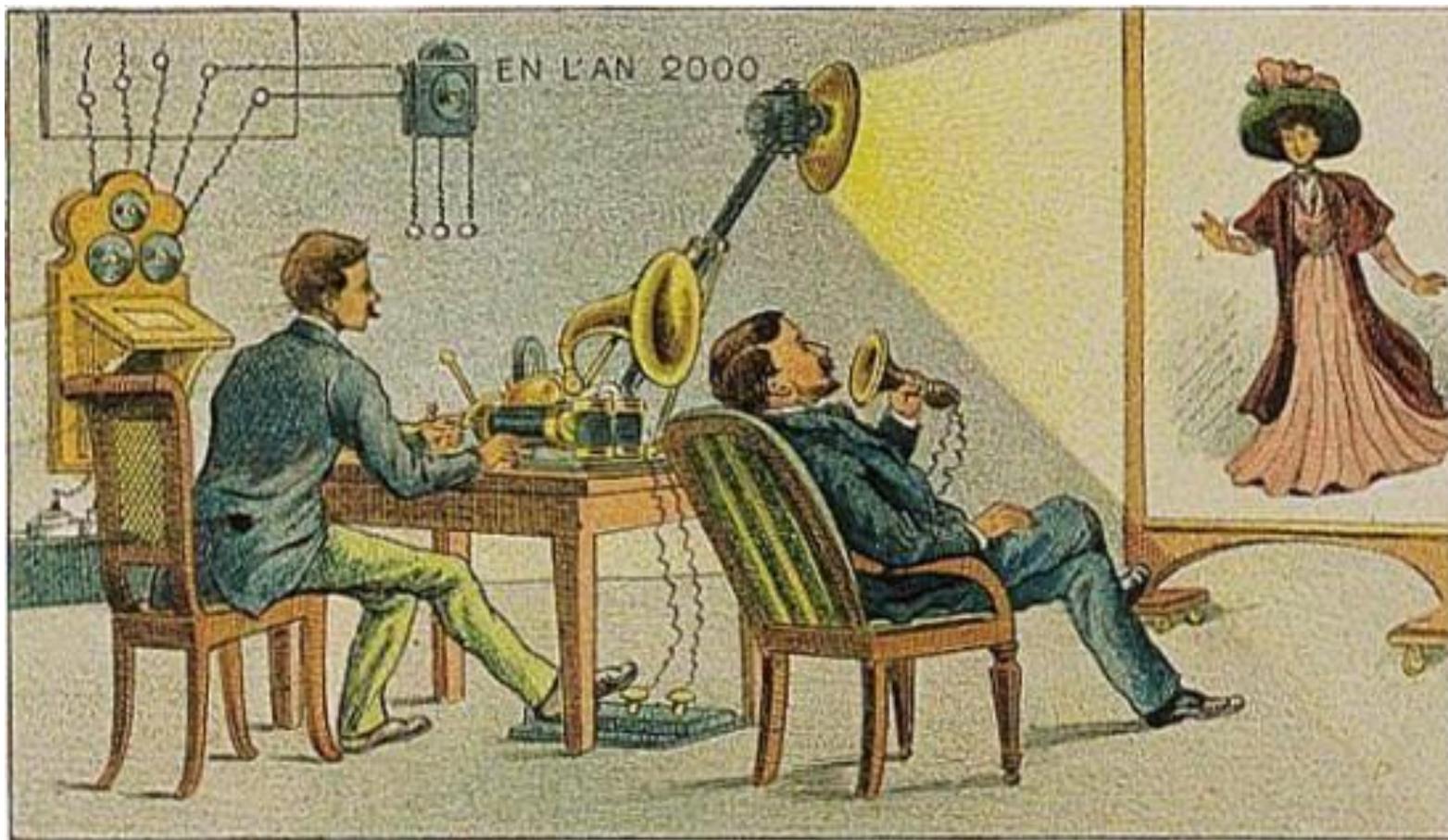
## 3. ГОТОВЫ ЛИ МЫ К ЭТОМУ???



Новые луддиты



# Картины будущего из прошлого



*Открытка из серии "Жизнь в 2000 году"  
Художник: Вильмар, 1910 год*

Картины будущего из прошлого

В. СТРУКОВА, В. ШЕВЧЕНКО

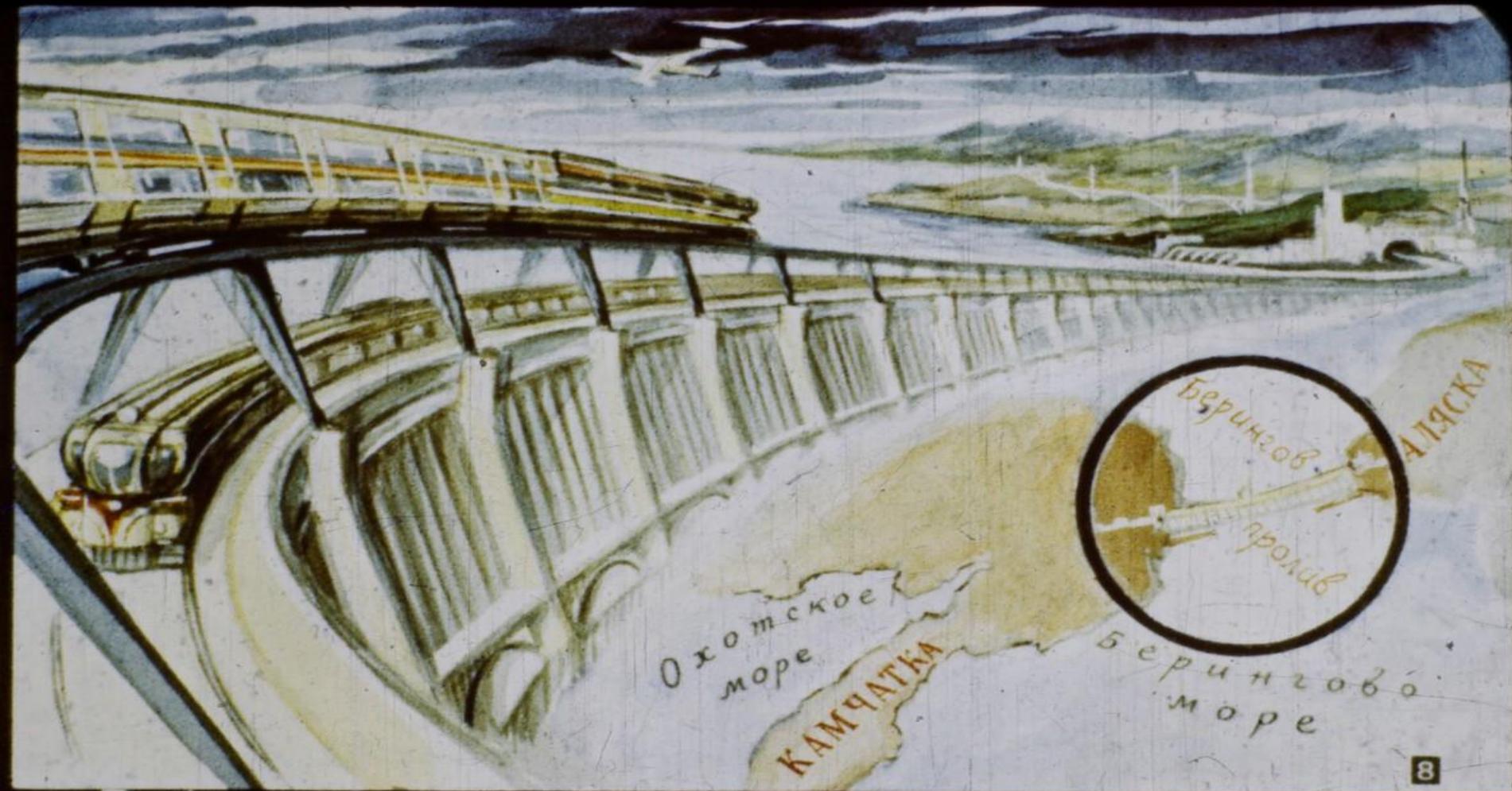
В 2017 ГОДУ

A detailed illustration of a futuristic city. In the foreground, a large satellite dish is positioned on a platform. To the right, a rocket is launching, with a plume of fire and smoke. The city features various architectural structures, including a large dome and several tall buildings. The scene is set against a dark, starry sky with streaks of light, suggesting a night or space theme. The overall style is reminiscent of mid-20th-century Soviet sci-fi art.

Художник Л. СМЕХОВ

Производство студии "ДИАФИЛЬМ", 1960 г.

# Картины будущего из прошлого



Ребята услышали голос диктора: „А вот плотина через Берингов пролив. По ней – видите? – мчатся атомные поезда. Плотина преградила путь холодному течению из Ледовитого океана, и климат Дальнего Востока улучшился.“