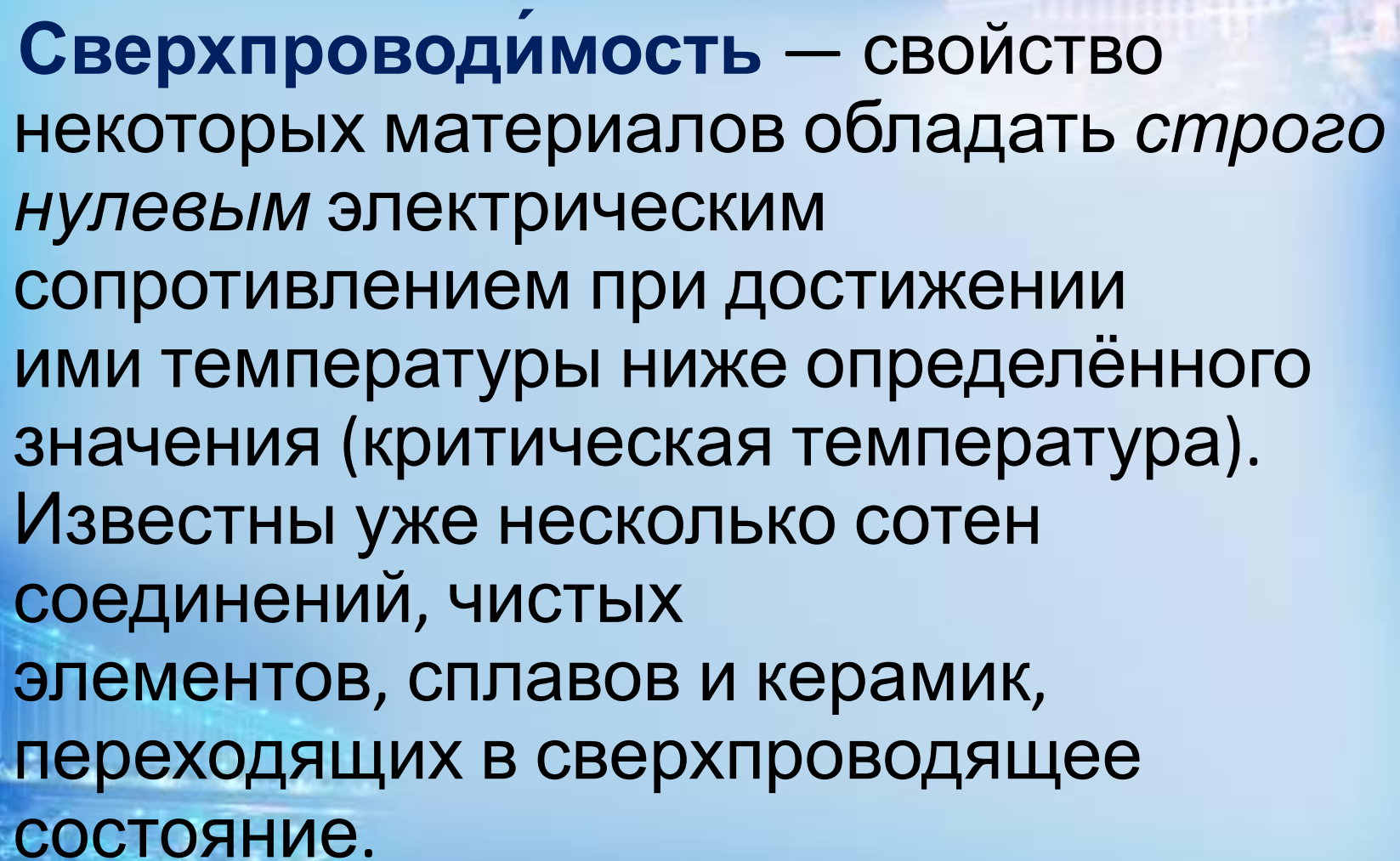




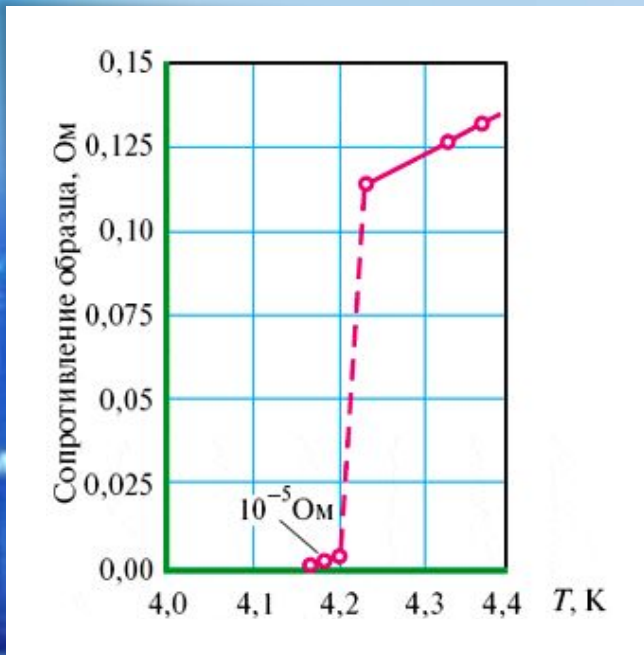
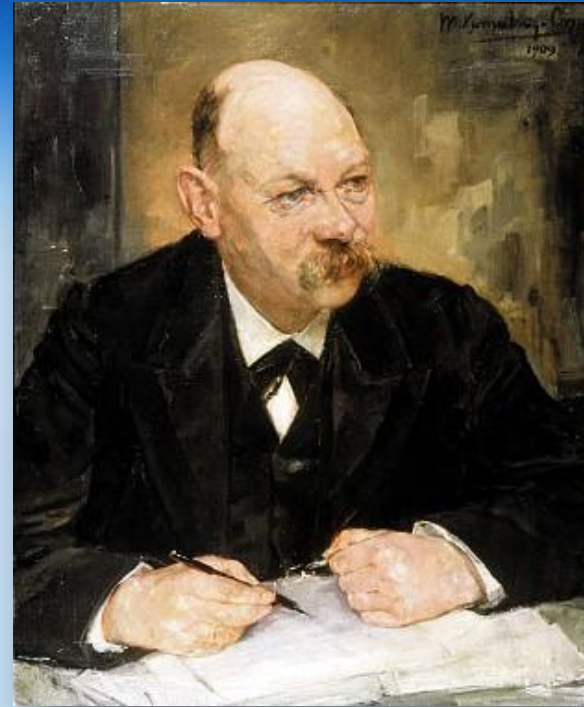
# Сверхпроводимо СТЬ





**Сверхпроводимость** — свойство некоторых материалов обладать *строго нулевым* электрическим сопротивлением при достижении ими температуры ниже определённого значения (критическая температура). Известны уже несколько сотен соединений, чистых элементов, сплавов и керамик, переходящих в сверхпроводящее состояние.

В 1911 году голландский физик Камерлинг - Оннес обнаружил, что при охлаждении ртути в жидком гелии её сопротивление сначала меняется постепенно, а затем при температуре 4,2 К резко падает до нуля.



Однако нулевое сопротивление — не единственная отличительная черта сверхпроводимости. Ещё из теории Друде известно, что проводимость металлов увеличивается с понижением температуры, то есть электрическое сопротивление стремится к нулю.

В дальнейшем было выяснено, что более 25 химических элементов — металлов при очень низких температурах становятся сверхпроводниками. Сверхпроводимость наблюдается не только у чистых металлов, но и у многих химических соединений и сплавов. При этом сами элементы, входящие в состав сверхпроводящего соединения, могут и не являться сверхпроводниками. Например,  $\text{NiBi}$ ,  $\text{Au}_2\text{Bi}$ ,  $\text{PdTe}$ ,  $\text{PtSb}$  и другие.



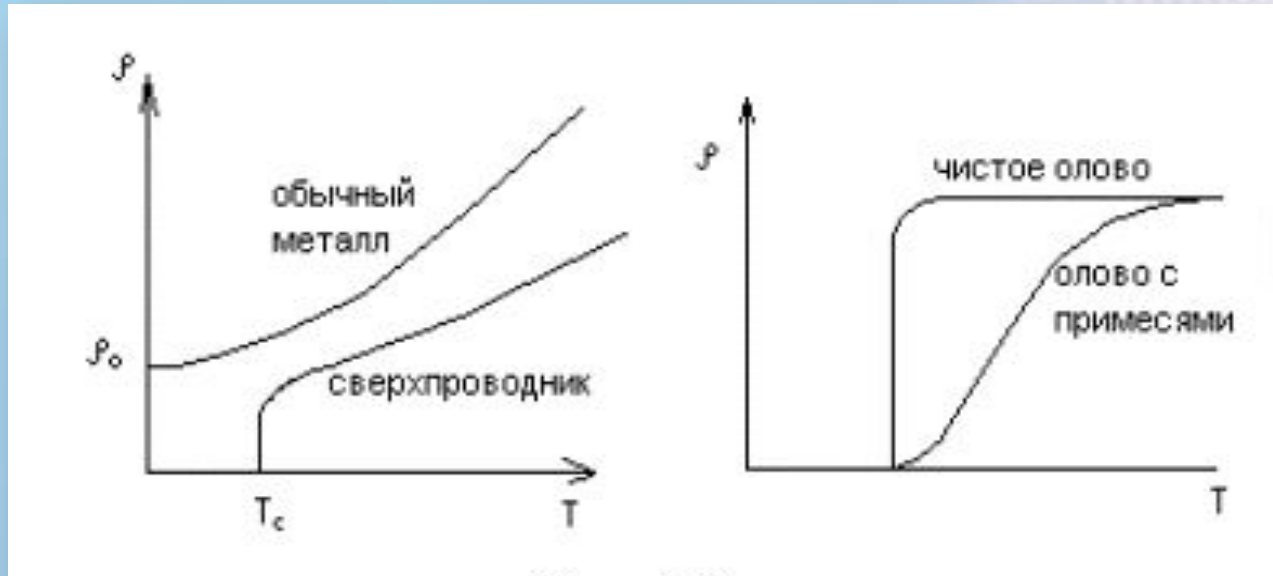


До 1986 г. были известны сверхпроводники, обладающие этим свойством при очень низких температурах — ниже  $-259\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В 1986-1987 годах были обнаружены материалы с температурой перехода в сверхпроводящее состояние около  $-173\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Это явление получило название высокотемпературной сверхпроводимости, и для его наблюдения можно использовать вместо жидкого гелия жидкий азот.



- Свойством сверхпроводимости обладают около половины металлов и несколько сотен сплавов.
- Сверхпроводящие свойства зависят от типа кристаллической структуры. Изменение её может перевести вещество из обычного в сверхпроводящее состояние.
- Критические температуры изотопов элементов, переходящих в сверхпроводящее состояние, связаны с массами изотопов соотношением:  
$$T_c(M_z)^{1/2} = \text{const} \quad (\text{изотопический эффект})$$
- Сильное магнитное поле разрушает эффект сверхпроводимости. Следовательно, при помещении в магнитное поле свойство сверхпроводимости может исчезнуть.

# Реакция сверхпроводников на примеси



- Введение примеси в сверхпроводник уменьшает резкость перехода в сверхпроводящее состояние.
- В нормальных металлах ток исчезает примерно через  $10^{-12}$  с. В сверхпроводнике ток, может циркулировать годами (теоретически)

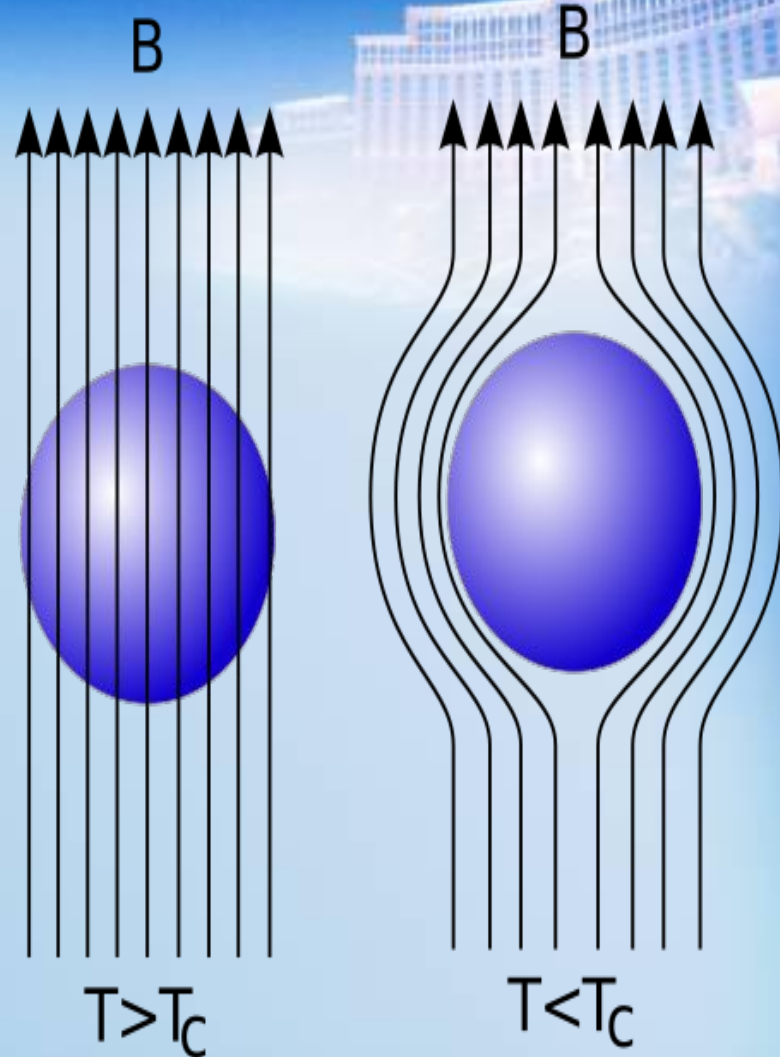
# Физическая природа сверхпроводимости

Явление сверхпроводимости можно понять и обосновать только с помощью квантовых представлений. Они были представлены в 1957 году американскими учеными Дж.Бардиным, Л.Купером, Дж. Шриффером и советским академиком Н.Н. Боголюбовым.

В 1986 году была открыта высокотемпературная сверхпроводимость соединений лантана, бария и других элементов ( $T = 100^{\circ}\text{K}$  - это температура кипения жидкого азота).



Одним из главных отличий сверхпроводников от идеальных проводников является эффект Мейснера, открытый в 1933 году, т.е. полное вытеснение магнитного поля из материала при переходе в сверхпроводящее состояние. Впервые явление наблюдалось в 1933 году немецкими физиками Мейснером и Оксенфельдом



Гроб Мухаммеда — опыт, демонстрирующий этот эффект в сверхпроводниках. По преданию, гроб с телом пророка Магомета висел в пространстве без всякой поддержки, поэтому этот опыт называют экспериментом с «магометовым гробом».



Отталкиваясь от неподвижного сверхпроводника, магнит всплывает сам и продолжает парить до тех пор, пока внешние условия не выведут сверхпроводник из сверхпроводящей фазы. В результате этого эффекта магнит, приближающийся к сверхпроводнику, «увидит» магнит обратной полярности точно такого же размера, что и вызывает левитацию (парение в пространстве).

# Применение сверхпроводников

## Маломощная электроника

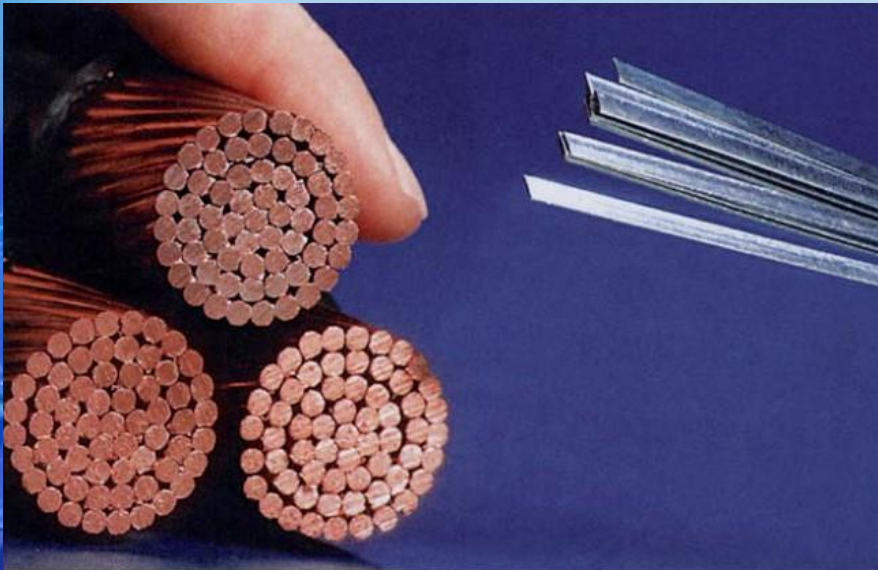
- быстродействующие вычислительные устройства
- детекторы магнитного поля и излучений
- оборудование для связи в микроволновом диапазоне

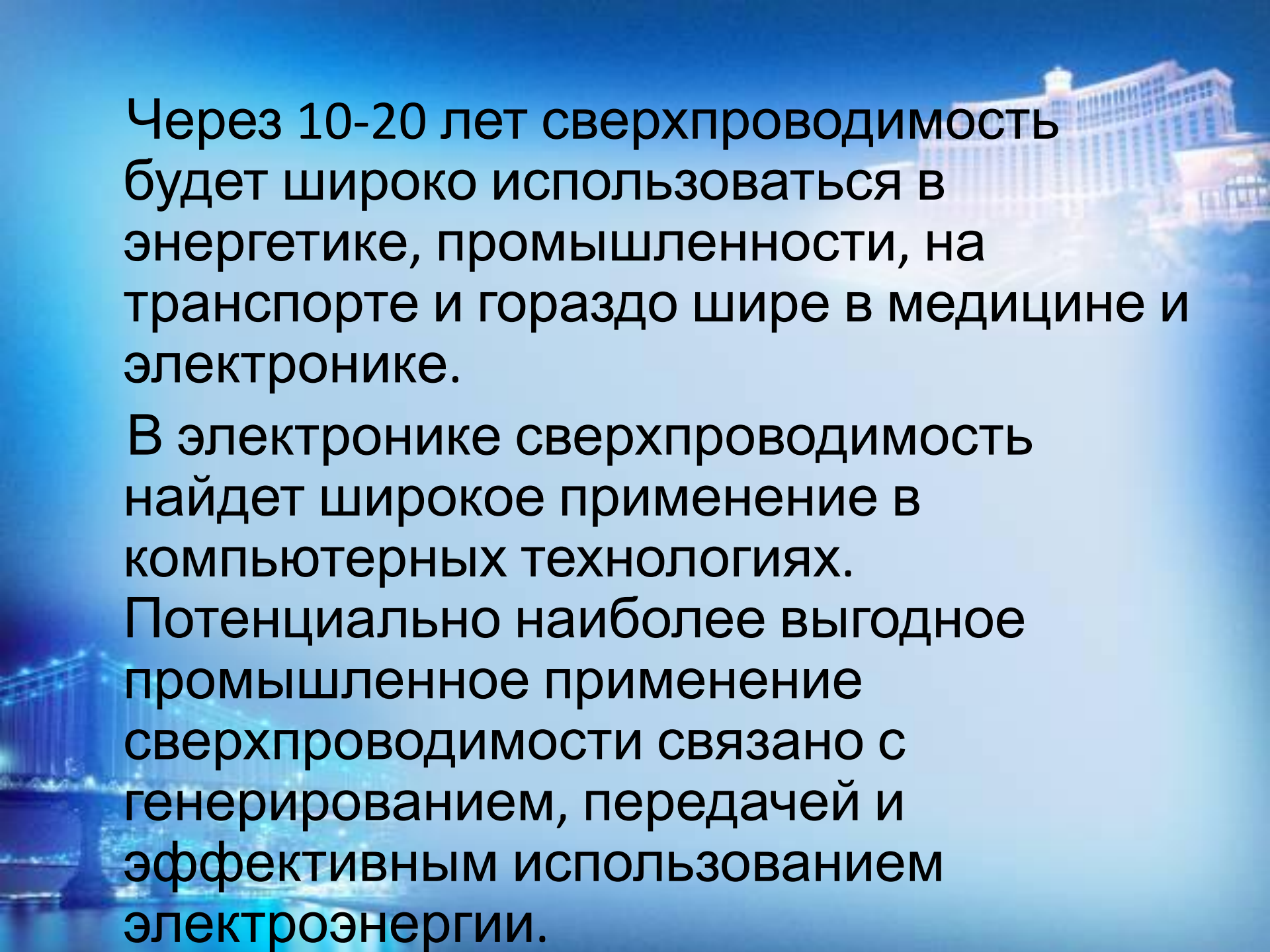
## Силовые применения

- кабели
- токоограничители,
- магниты
- моторы
- генераторы
- накопители энергии



В силовых  
применениях  
сверхпроводники  
позволяют  
снизить  
энергопотери и  
сократить  
массогабаритные  
показатели  
оборудования.





Через 10-20 лет сверхпроводимость будет широко использоваться в энергетике, промышленности, на транспорте и гораздо шире в медицине и электронике.

В электронике сверхпроводимость найдет широкое применение в компьютерных технологиях.

Потенциально наиболее выгодное промышленное применение сверхпроводимости связано с генерированием, передачей и эффективным использованием электроэнергии.

Инженеры давно уже задумывались о том, как можно было бы использовать огромные магнитные поля, создаваемые с помощью сверхпроводников, для магнитной подвески поезда (магнитной левитации). За счет сил взаимного отталкивания между движущимся магнитом и током, индуцируемым в направляющем проводнике, поезд двигался бы плавно, без шума и трения и был бы способен развивать очень большую скорость. Единственная в мире действующая пассажирская магнитно-левитационная (но не сверхпроводящая) железнодорожная линия протяженностью 30,5 км расположена в Китае.



В перспективе возможны проекты совместной прокладки криотрубопроводов и железных дорог. Возможность ускорения макроскопических объектов электромагнитным полем найдет свое применение также на аэродромах и космодромах, где СП-магниты будут обеспечивать взлет/посадку воздушным судам и космическим кораблям. Рассматриваются также возможности применения сверхпроводящих магнитов для аккумуляции электроэнергии в магнитной гидродинамике и для производства термоядерной энергии. Данные технологии, как известно, способны кардинальным образом изменить облик мировой энергетической системы.



A nighttime cityscape featuring a large, illuminated suspension bridge on the left and a large, multi-story building with a central tower on the right. The scene is bathed in a blue light, and the text "Спасибо за внимание!" is overlaid in the center.

**Спасибо за  
внимание !**