

Материалы – прошлое, настоящее, будущее



ЛЕКЦИЯ №7

Ольга Владимировна Бойцова

**Факультет наук о материалах
МГУ им.М.В.Ломоносова**

Москва - 2020

The Elements

The Elements

1 H Hydrogen																	2 He Helium	
3 Li Lithium	4 Be Beryllium																	10 Ne Neon
11 Na Sodium	12 Mg Magnesium																	18 Ar Argon
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titanium	23 V Vanadium	24 Cr Chromium	25 Mn Manganese	26 Fe Iron	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Copper	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Selenium	35 Br Bromine	36 Kr Krypton	
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdenum	43 Tc Technetium	44 Ru Ruthenium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Silver	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Tin	51 Sb Antimony	52 Te Tellurium	53 I Iodine	54 Xe Xenon	
55 Cs Cesium	56 Ba Barium	57 La Lanthanum	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantalum	74 W Tungsten	75 Re Rhenium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platinum	79 Au Gold	80 Hg Mercury	81 Tl Thallium	82 Pb Lead	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astatine	86 Rn Radon	
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89 Ac Actinium	104 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium	110 Ds Darmstadtium	111 Rg Roentgenium	112 Uub Ununbium	113 Uut Ununtrium	114 Uuq Ununquadium	115 Uup Ununpentium	116 Uuh Ununhexium	117 Uus Ununseptium	118 Uuo Ununoctium	
Radioactive elements Photographs show samples of the pure or nearly pure element except as follows: At, Bi, Fr, Ac, Pa, and Ag show radioactive minerals containing minute traces of the element. Po, Ra, Th, Pa, and Am show artificial elements containing minute amounts of the element. Technetium shows a 10-50 mm scale. Hydrogen shows a 10-50 mm scale. Helium shows a 10-50 mm scale. Iodine shows a 10-50 mm scale. Polonium shows a 10-50 mm scale. Astatine shows a 10-50 mm scale. Radon shows a 10-50 mm scale. Ununbium, Ununtrium, Ununquadium, Ununpentium, Ununhexium, Ununseptium, and Ununoctium are shown as question marks. Poster and photography by Theodore W. Gray, RSC Research Ltd. All images Copyright © 2004 Theodore W. Gray, RSC Research Ltd. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage or retrieval system, without permission in writing from RSC Research Ltd. All images are the property of RSC Research Ltd. All rights reserved. Poster Copyright © 2004 Theodore W. Gray. All rights reserved. Other sizes of this poster: periodictabletable.com Real samples like these: element-collection.com			58 Ce Cerium	59 Pr Praseodymium	60 Nd Neodymium	61 Pm Promethium	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutetium		
			92 U Uranium	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkelium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lr Lawrencium				

Применение Cu, Ag, Au

1. **Cu, Ag, Au** – монетные сплавы
2. **Cu, Ag** – электросплавы
3. **Cu** – производство фунгицидов
4. **Cu** – производство катализаторов
5. **Cu** – ВТСП материалы
6. **Cu, Ag, Au** – ювелирные изделия
7. **Ag** – в фотографии
8. **Cu, Ag, Au** – лабораторная посуда, покрытия
9. **Ag, Au** – в медицине



•Cu – электротехника, сплавы:

латунь (20 - 40% Zn),

бронзы (20% Sn),

томпак (12 – 15% Zn),

мельхиор (68% Cu, 30% Ni, 1% Mn, 1% Fe),



МОНЕТНЫЕ СПЛАВЫ

(95% Cu + 5% Al, 80% Cu + 20% Ni)

Другие сферы применения



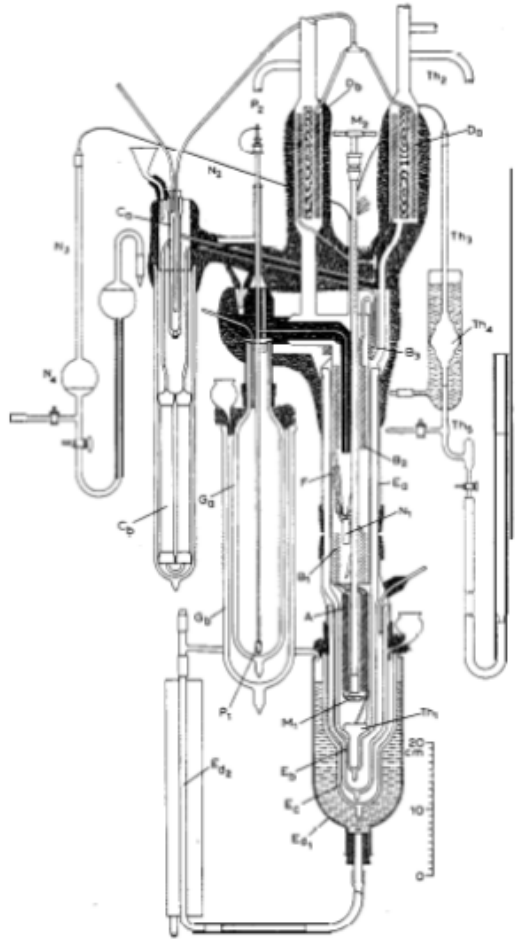
Бактерицидные поверхности



Биологическая роль



История открытия и исследования сверхпроводимости



Каммерлинг Оннес

1908 первый жидкий гелий



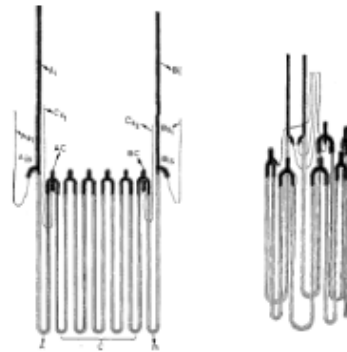
Как мы и предвидели при планировании экспериментов, их реализация граничила с невозможным. <...> Удивительное было зрелище, когда мы впервые увидели жидкость, которая всем казалась почти нереальной. Мы заметили её, когда она начала втекать в сосуд. Но в её присутствии невозможно было убедиться, пока она не наполнила весь сосуд.

Нобелевская лекция (1913)

История открытия и исследования сверхпроводимости

Произошло нечто неожиданное. <...> ртуть при температуре в 4,2 К перешла в новое состояние, которое, благодаря его особым электрическим свойствам, можно назвать состоянием сверхпроводимости.

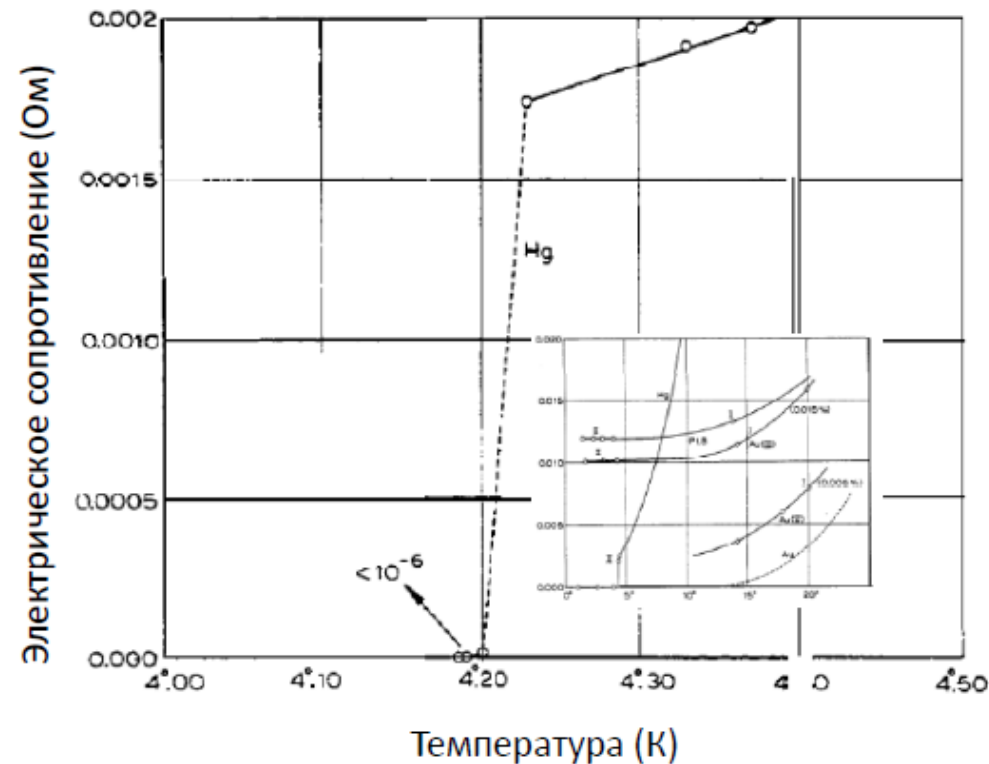
Нобелевская лекция (1913)



Каммерлинг Оннес

1911 открытие сверхпроводимости

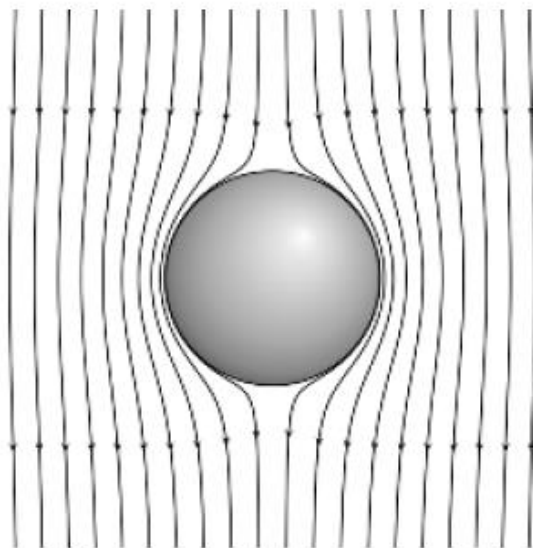
1913 Нобелевская премия по физике





Мейснер и Оксенфельд

1933 сверхпроводники выталкивают из себя
магнитное поле



Экспериментальный поезд на магнитном подвесе

JR-Maglev MLX01 (Япония)

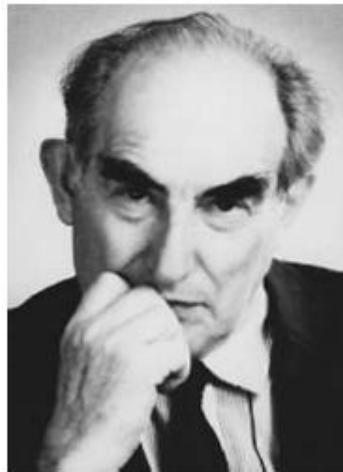
мировой рекорд скорости : 581 км/ч

Эффект Мейснера (магнитная левитация) находит применение при создании магнитных подвесов для кинетических накопителей энергии или подшипников, а также при разработке новых видов транспорта

История открытия и исследования сверхпроводимости

Ландау, Гинзбург, Абрикосов, Легgett

- 1950 теория сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау
- 1956 исследования сверхпроводников II рода (вихри Абрикосова)
- 1962 **Нобелевская премия по физике (Ландау)**
- 2003 **Нобелевская премия по физике (Гинзбург-Абрикосов-Легgett)**

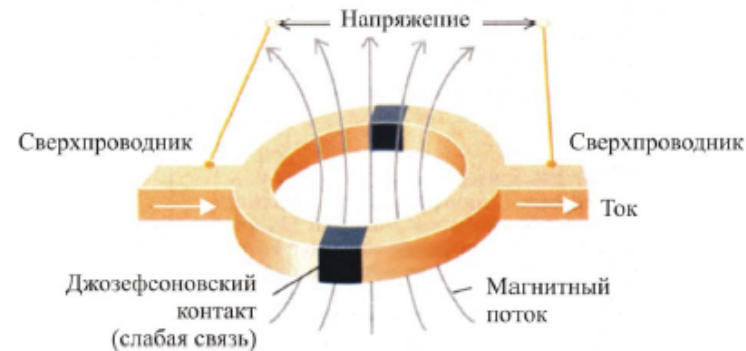


История открытия и исследования сверхпроводимости

Джозефсон

1962 теоретическое предсказание возможности туннелирования куперовских пар через барьер

1973 **Нобелевская премия по физике**



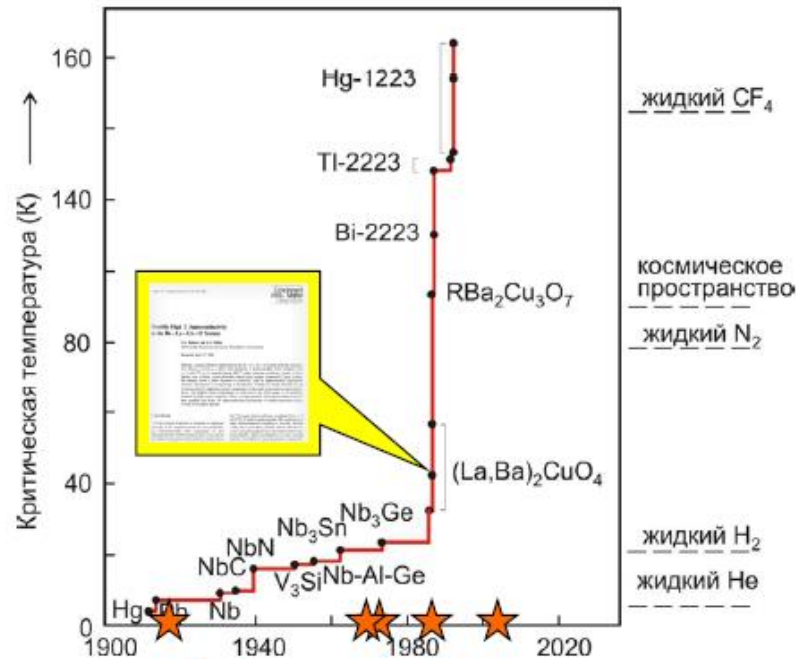
Открытие эффекта привело к созданию сверхпроводникового квантового интерферометра (SQUID) – точнейшего детектора магнитного поля, широко используемого в медицине, биологии, физике, геологии. Эффект Джозефсона может быть использован при создании квантовых компьютеров будущего.

История открытия и исследования сверхпроводимости

Беднорц и Мюллер

1986 открытие высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП)

1987 Нобелевская премия по физике



★ Нобелевские премии за исследования в области сверхпроводимости



Новые сверхпроводники на основе оксидных соединений впервые открыли возможность использования сверхпроводимости при температуре кипения азота - доступного хладагента

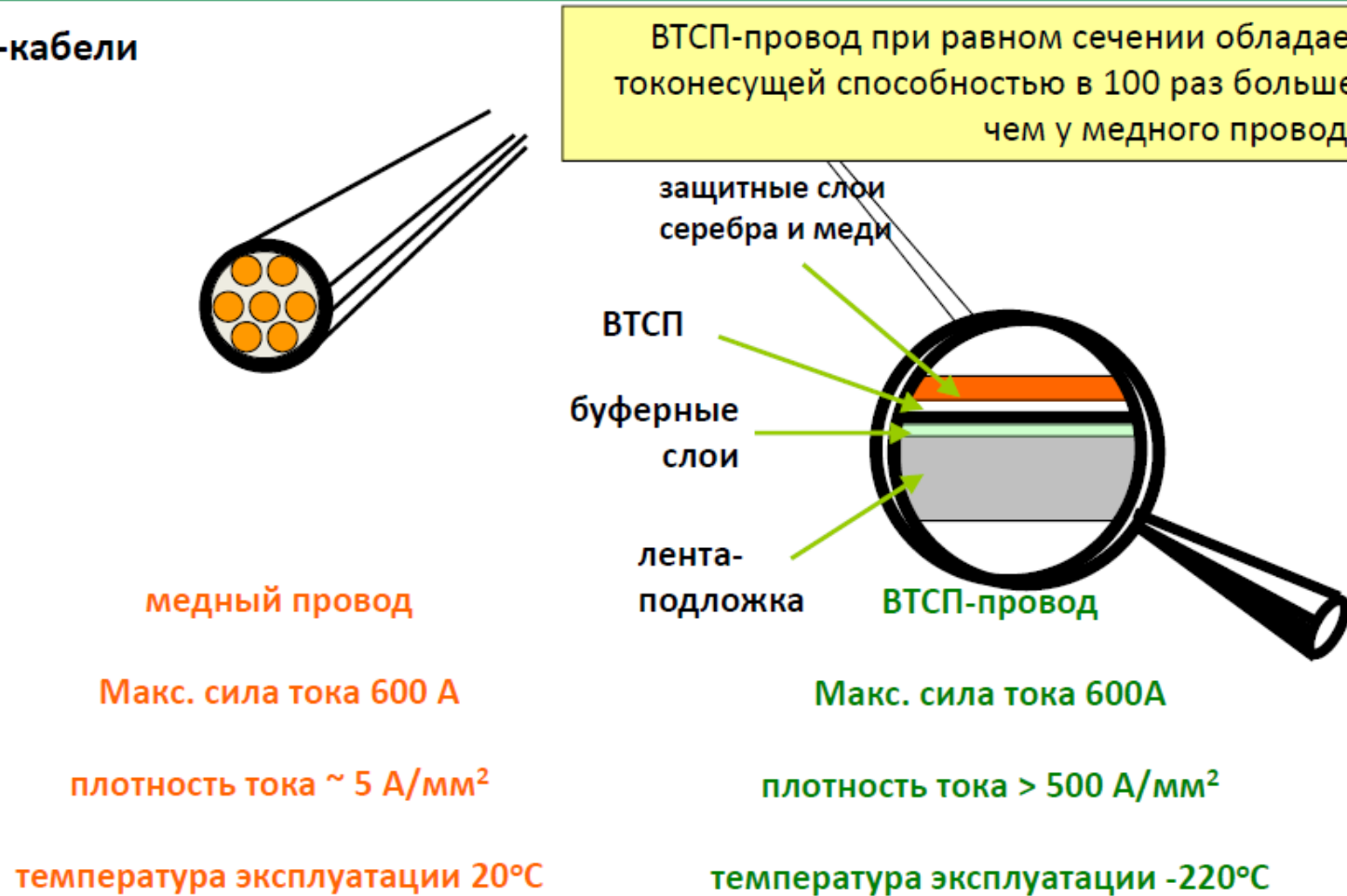
ИСТОРИЯ

ПРИМЕНЕНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ

Применения сверхпроводников

ВТСП-кабели



ИСТОРИЯ

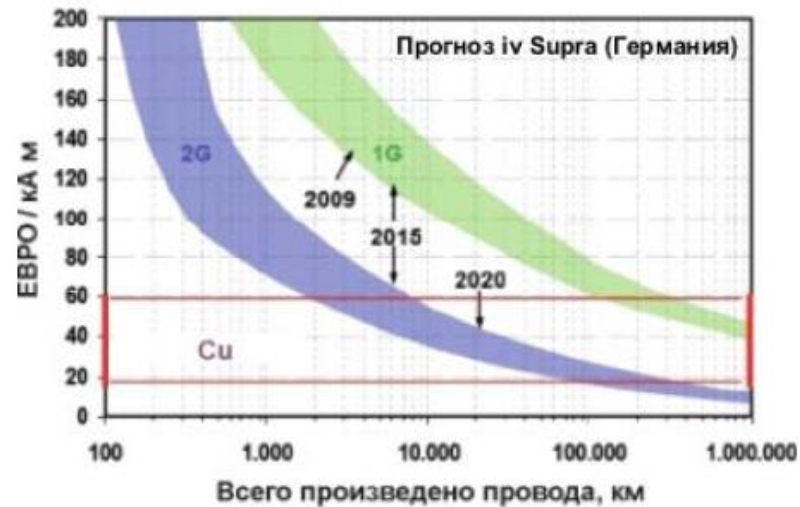
ПРИМЕНЕНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ

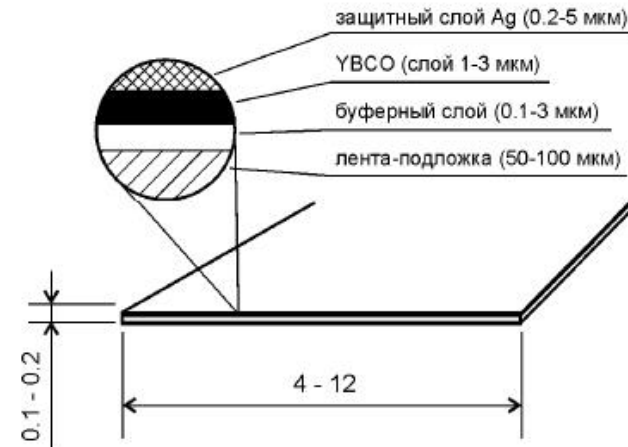
Технология ВТСП-лент 2-го поколения

ВТСП-ленты – два поколения

ВТСП провод 1-го поколения



ВТСП провод 2-го поколения



ВТСП-ленты 1-го поколения состоят на 2/3 из серебра, что обуславливает их высокую стоимость. Предполагается, что с развитием технологии ВТСП-ленты 2-го поколения станут более доступными, так как не содержат дорогостоящих материалов. Для обеспечения низкой стоимости предпочтительны практические химические методы получения.

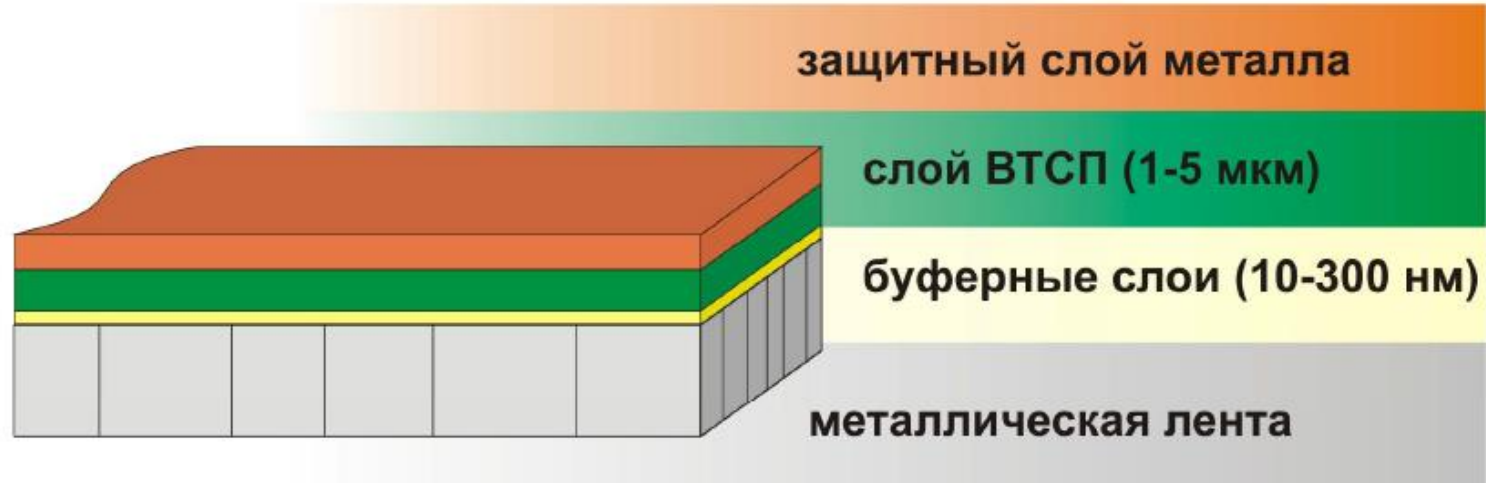
ИСТОРИЯ

ПРИМЕНЕНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ

Технология ВТСП-лент 2-го поколения

Архитектура ВТСП-ленты

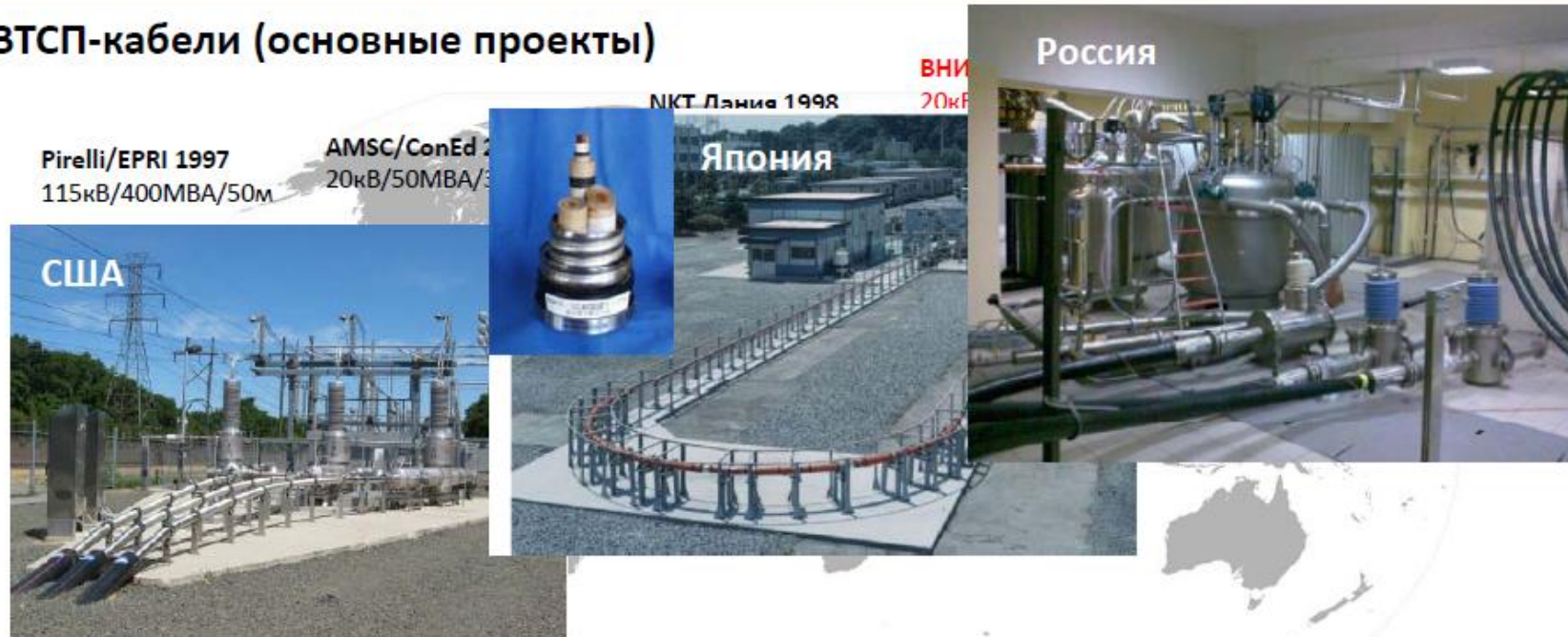


Основные функции буферных слоев :

- защитная (предохраняет ленту от окисления)
- транслирует текстуру слою ВТСП
- может улучшать текстурные характеристики

Применения сверхпроводников

ВТСП-кабели (основные проекты)

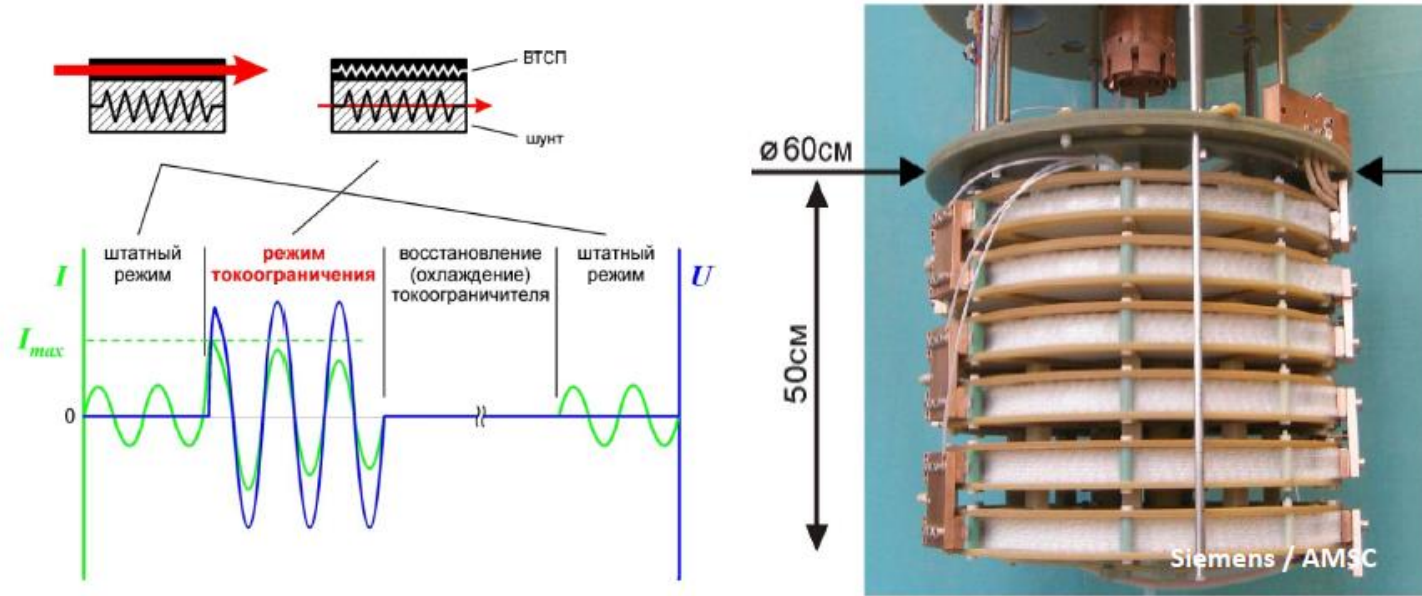


Пилотные проекты показывают возможность успешного использования ВТСП-линий для передачи переменного тока большой мощности

ВТСП-кабели позволяют передавать высокую мощность при относительно малом сечении, что особенно важно в условиях современных мегаполисов. Подземный высоковольтный ВТСП-кабель способен заменить воздушные ЛЭП

Применения сверхпроводников

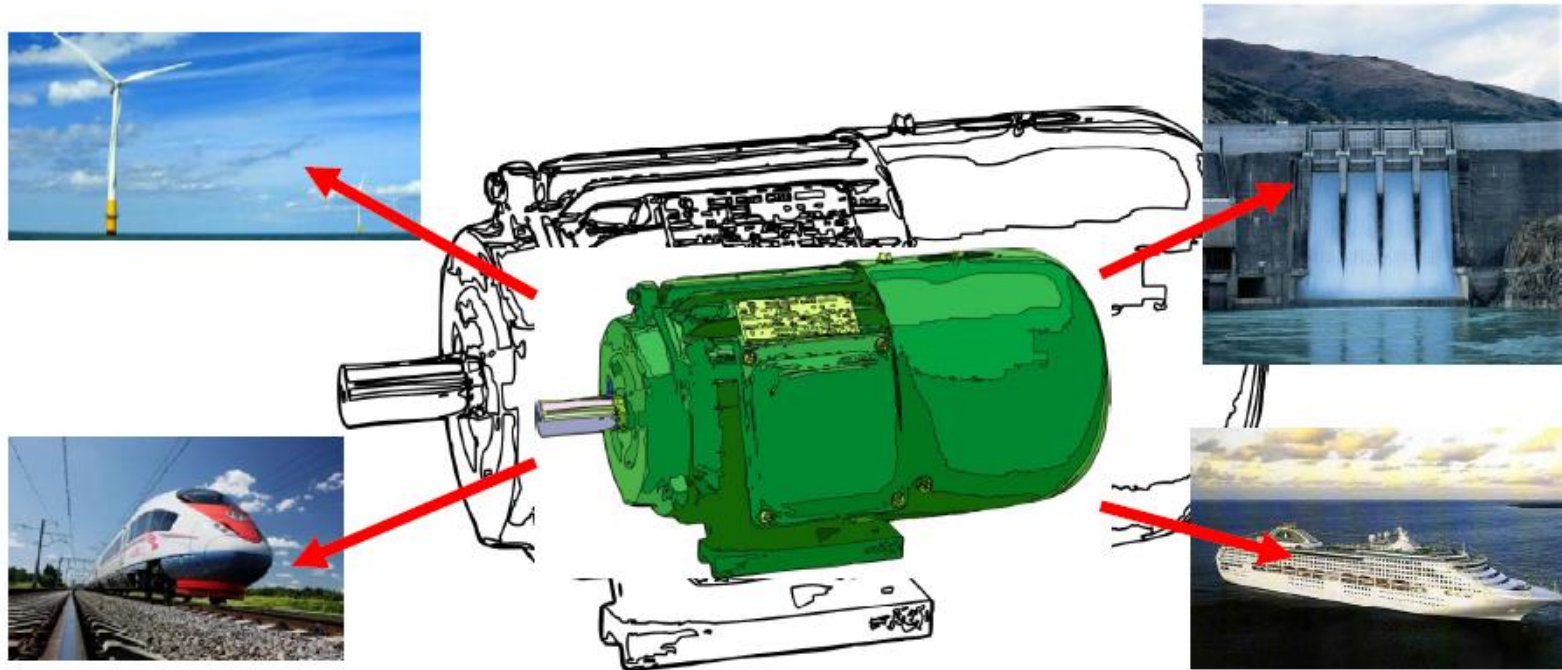
Быстродействующие токоограничители



Быстродействие и надежность ВТСП-токоограничителей существенно превышают характеристики традиционных ограничителей тока. Использование ВТСП открывает путь к созданию ограничителей тока большой мощности. Ток короткого замыкания снижается в 3-4 раза.

Применения сверхпроводников

Электромоторы и генераторы



сверхпроводниковый электромотор/генератор
размеры меньше в 2 раза
масса меньше в 3-5 раз
выше КПД и тяга
обычный электромотор

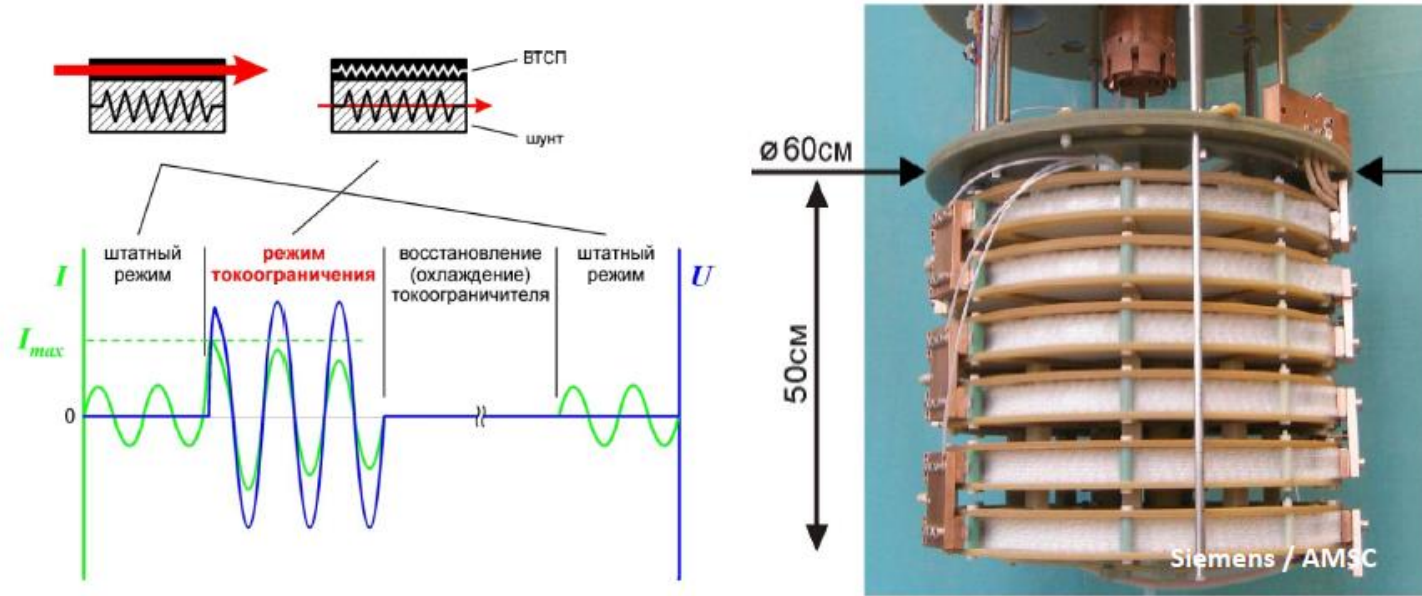
ИСТОРИЯ

ПРИМЕНЕНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ

Применения сверхпроводников

Быстродействующие токоограничители



Быстродействие и надежность ВТСП-токоограничителей существенно превышают характеристики традиционных ограничителей тока. Использование ВТСП открывает путь к созданию ограничителей тока большой мощности. Ток короткого замыкания снижается в 3-4 раза.

О компании СуперОкс



- ❑ 2006 : основано ЗАО «СуперОкс»
- ❑ 2011 : основана компания в Японии – SuperOx Japan LLC
- ❑ 2012 : начало производства и поставок ВТСП-провода
- ❑ 2017 : поставки ВТСП-продукции в 15 стран мира



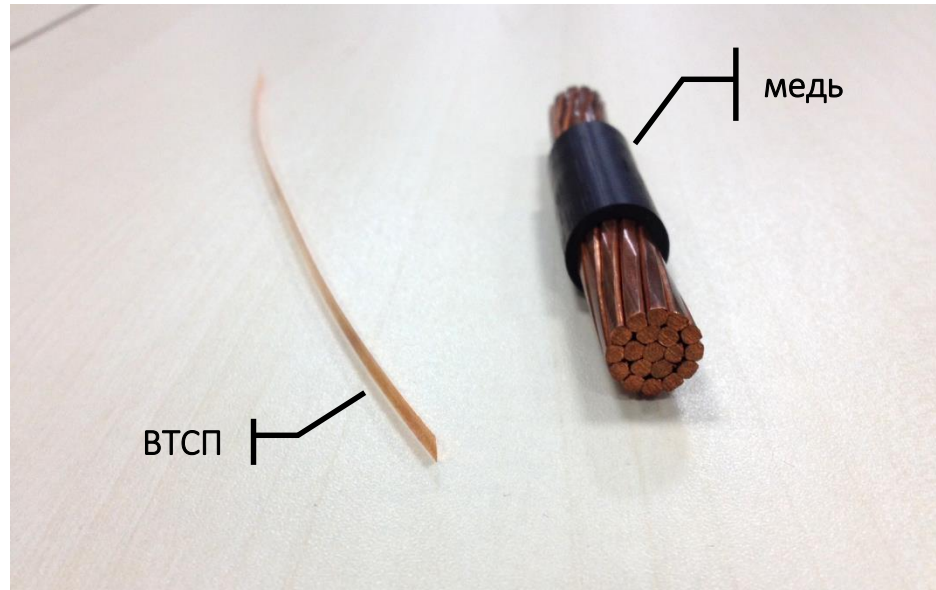
География поставок:

Германия	Словакия
Франция	Италия
Великобритания	Испания
Швейцария	Румыния
США	Тайвань
Япония	Корея
Новая Зеландия	Россия
Бразилия	Португалия

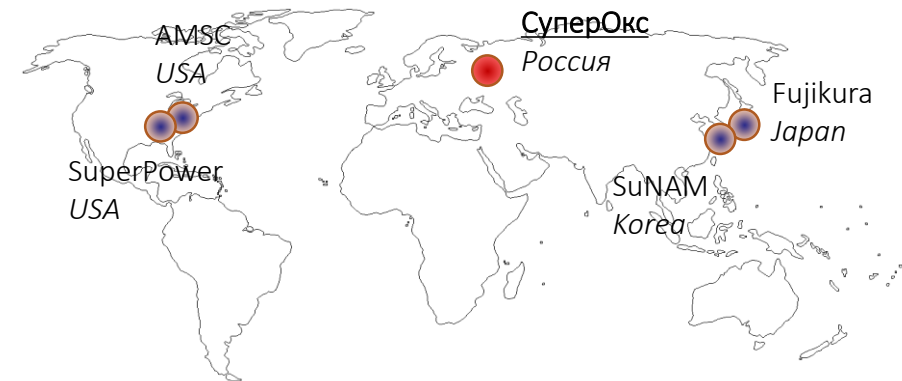
ВТСП-материалы



- ❑ Основное свойство – отсутствие электрического сопротивления
- ❑ СуперОкс – один из 5 производителей ВТСП-провода в мире



Токонесущая способность
в 500 раз выше, чем у меди



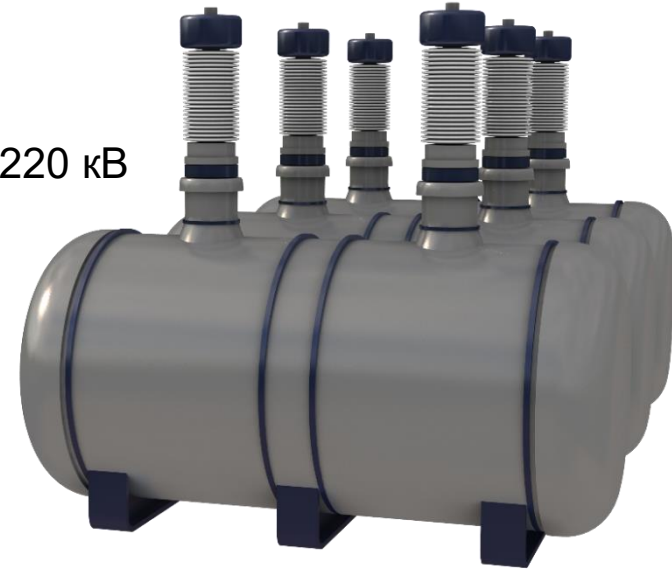
СуперОкс – единственный
производитель в Европе

ВТСП ТОУ 220 кВ для ПС Мневники



Вид подстанции

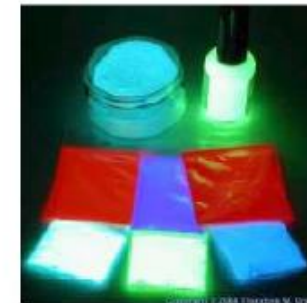
ВТСП ТОУ 220 кВ



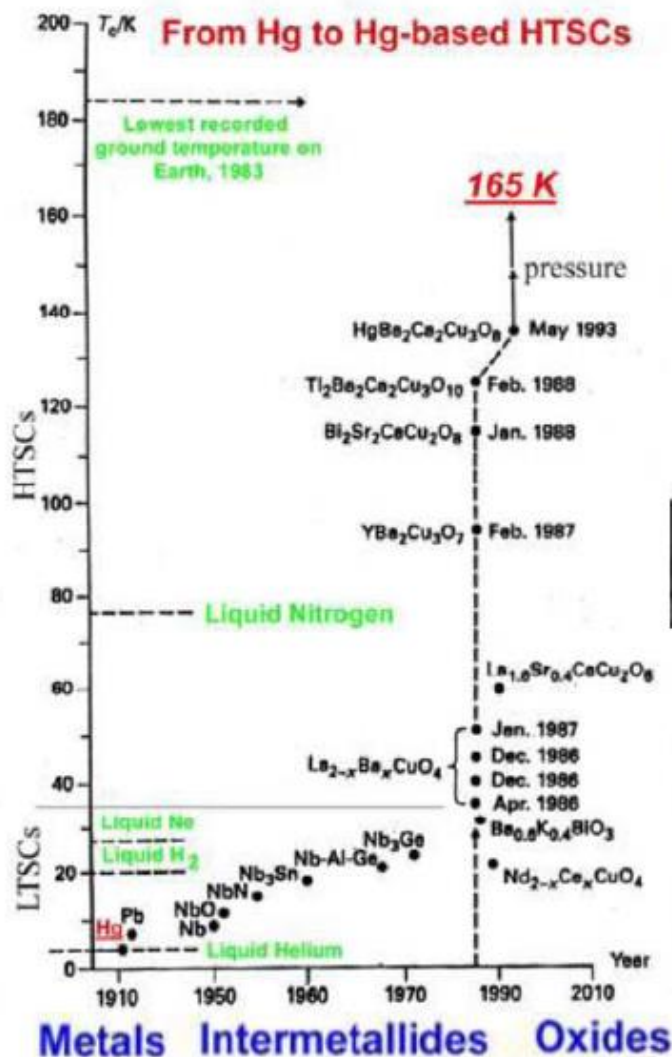
Представление проекта
Мэру Москвы С.С.Собянину
(2014)

Применение Zn, Cd, Hg

1. **Zn** оцинковка (45%)
2. **Zn** производство латуни (20%)
3. **Zn** производство красок (15%)
4. **Zn** ZnO в парфюмерии, в пластиках
5. **Zn, Cd** в электронике
6. **Zn, Cd, Hg** гальванические элементы, лампы, электроды
7. **Zn** катализаторы
8. **Cd** припой, легкоплавкие сплавы
9. **Hg** в химической промышленности



Высокотемпературные сверхпроводники



Проф. Е.В. Антипов

Е.В. Антипов, С.Н. Путилин и др.:

Hg-ВТСП

$T_c \sim 4 + 130 \text{ K}$



J.G. Bednorz, K.A. Muller
Nobel Prize 1987

“химическая”

ЭВОЛЮЦИЯ



Kamerling Onnes:

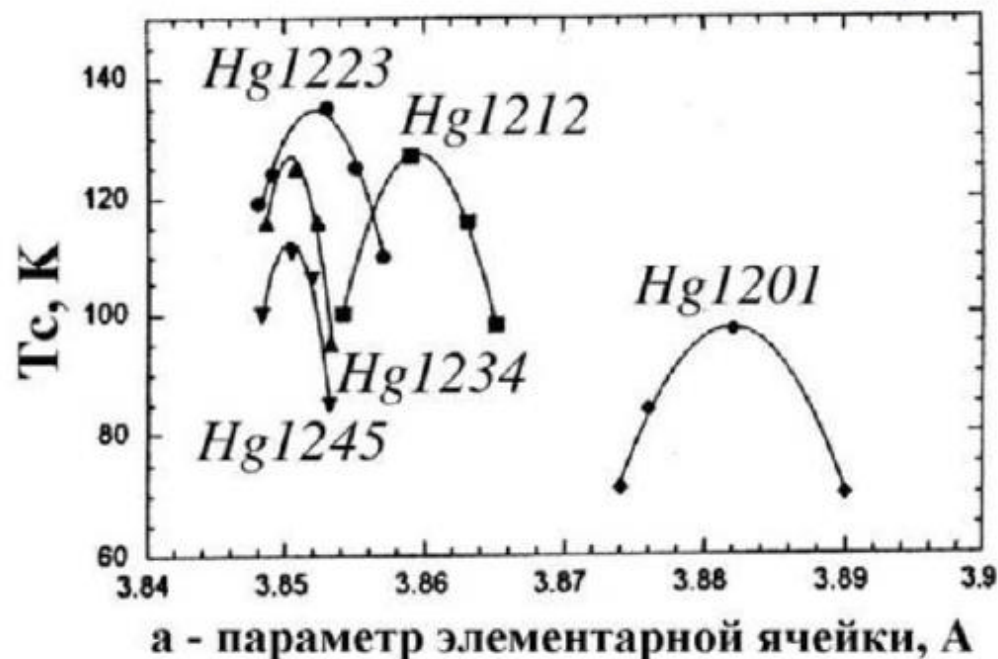
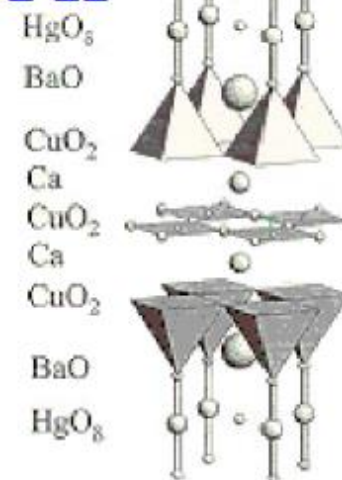
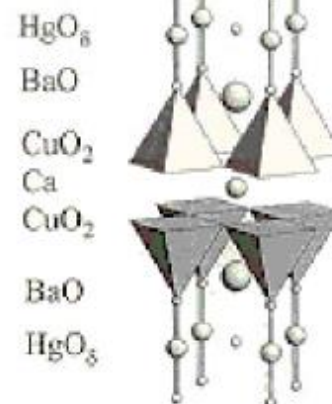
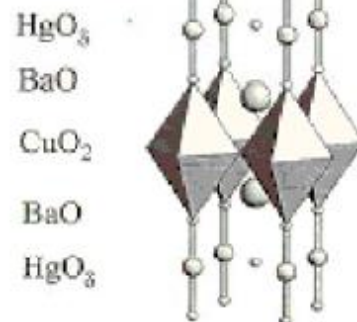
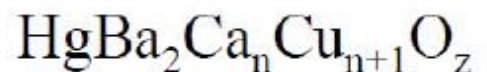
Жидкий He, “плохой металл” Hg

$T_c \sim 4 \text{ K}$

$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_z, z \leq 6.5, \text{BTCП}$

$\text{Ln} - \text{Ba} - \text{Cu} - \text{O}$	$T_c \sim 95 \text{ K}$
$\text{Bi} - \text{Sr} - \text{Ca} - \text{Cu} - \text{O}$	$T_c \leq 110 \text{ K}$
$\text{Tl} - \text{Ba} - \text{Ca} - \text{Cu} - \text{O}$	$T_c \leq 125 \text{ K}$
$\text{Hg} - \text{Ba} - \text{Ca} - \text{Cu} - \text{O}$	$T_c \leq 138 \text{ K}$

Ртутные ВТСП - гомологи



-оптимальная концентрация заряда в
 сверхпроводящих плоскостях,
 -оптимальное количество
 сверхпроводящих плоскостей.

Многие ВТСП фазы имеют гомологи
 («вставка» СП-плоскостей):

-Y123, 247, 124,
 -Bi2201, 2212, 2223,
 -...

Токсикология

Предельно-допустимые уровни загрязненности металлической ртутью:

ПДК в населенных пунктах (среднесуточная) — 0,0003 мг/м³

ПДК в жилых помещениях (среднесуточная) — 0,0003 мг/м³

ПДК воздуха в рабочей зоне (макс. разовая) — 0,01 мг/м³

ПДК воздуха в рабочей зоне (среднесменная) — 0,005 мг/м³

ПДК сточных вод (для неорганических соединений в пересчете на двухвалентную ртуть) — 0,005 мг/мл

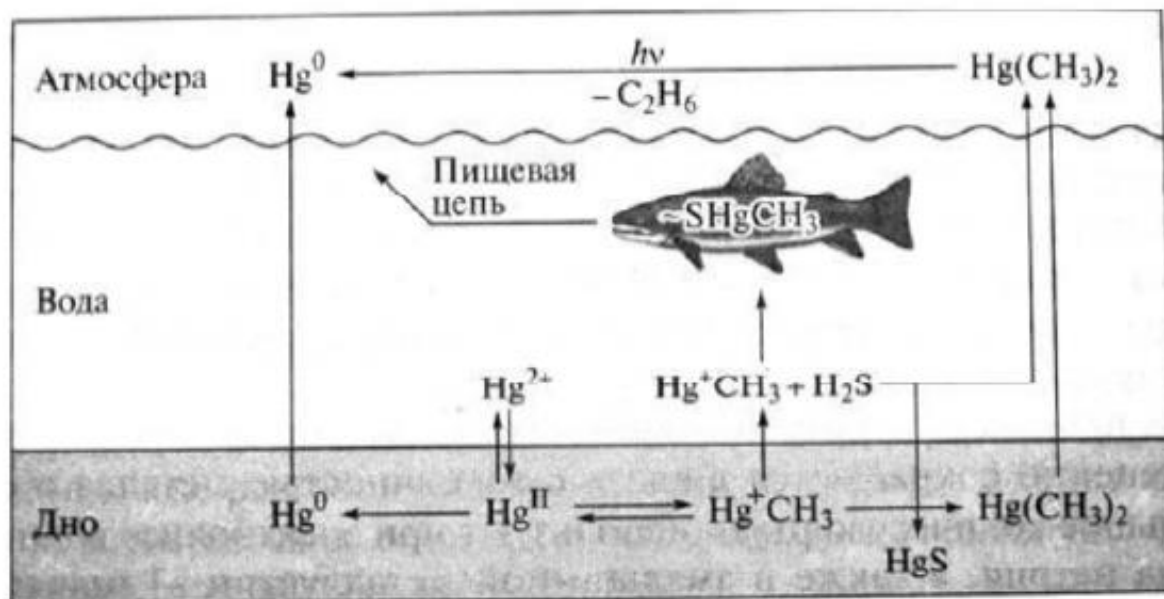
ПДК водных объектов хозяйственно-питьевого и культурного водопользования, в воде водоемов — 0,0005 мг/л

ПДК рыбохозяйственных водоемов — 0,00001 мг/л

ПДК морских водоемов — 0,0001 мг/л

ПДК в почве — 2,1 мг/кг

Смерть Наполеона (хроническое отравление)



Все соли цинка обладают высокой токсичностью для человека. Уже 1г $ZnSO_4$ может вызвать тяжелое отравление. Хлориды, сульфаты и окись цинка могут образоваться при хранении пищевых продуктов в оцинкованной посуде. Цинк задерживает рост и нарушает минерализацию костей. Избыточное содержание в крови цинка ведет к прогрессирующей слабости, парезу конечностей, некрозу печени, декальцификации головки бедра. Отравление окисью цинка происходит при вдыхании ее паров. Оно проявляется появлением сладковатого вкуса во рту, понижением или полной потерей аппетита, сильной жаждой. Появляется усталость, чувство разбитости, стеснение и давящая боль в груди, сонливость, сухой