

Министерство природных ресурсов и экологии
Федеральное агентство по недропользованию
ФГБУ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ
ИНСТИТУТ ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ»

Благородные металлы в сфере высоких технологий



ЦНИГРИ

Е.А. Наумов
А.И. Иванов
А.И. Черных
Я.В. Алексеев
М.М. Гирфанов
И.В. Арсентьева

ЗАПАСЫ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ И ОБЪЕМЫ ИХ РУДНИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

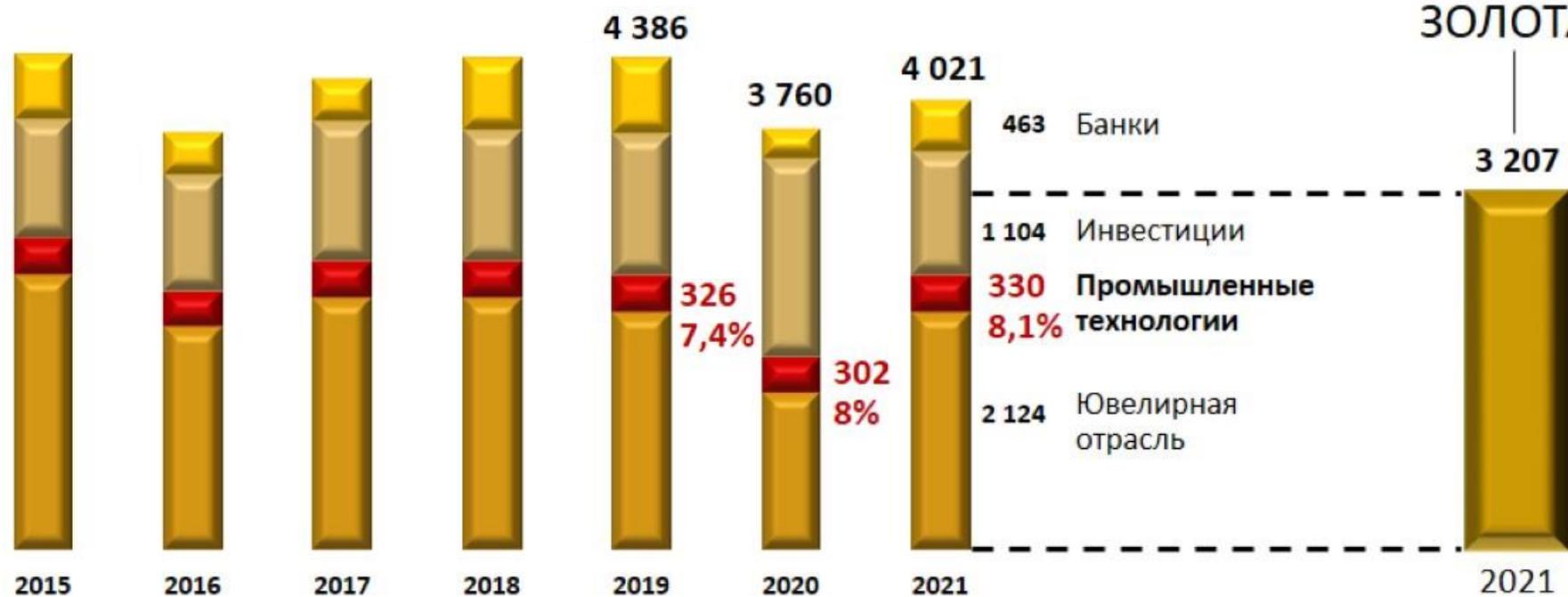
По состоянию на 2022 г.

Полезное ископаемое	Страна	Запасы	Ед. изм.	Доля, %	Место	Производство	Ед. изм.	Доля, %	Место
Золото	Мир	54 329	тонн	100		3 086	тонн	100	
	РФ	12 363		22,8	1	302		9,8	3
МПГ	Мир	52,1	тыс.т	100		417,7	тонн	100	
	РФ	15,6		30	2	110,5		26,5	2
Серебро	Мир	551	тыс.т	100		25 618	тонн	100	
	РФ	91		16,6	2	1 567		6,1	4



СТРУКТУРА МИРОВОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ЗОЛОТА

МИРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЗОЛОТА



Тонны



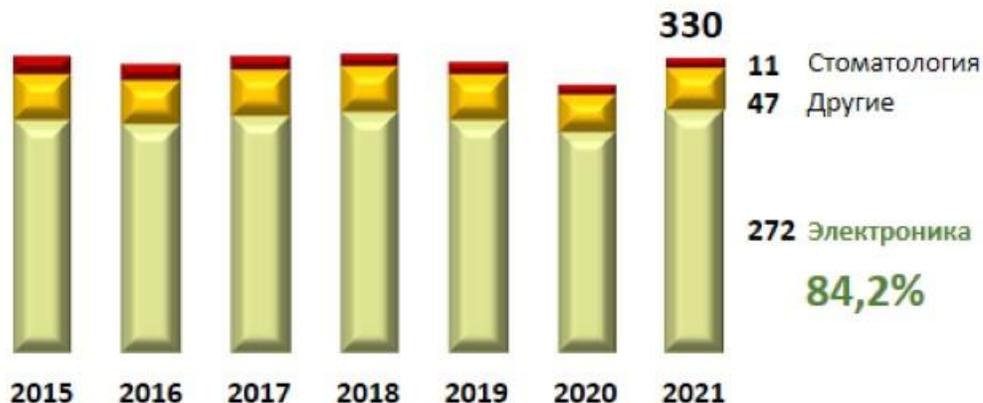
СТРУКТУРА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЗОЛОТА В РОССИИ, тонн

World Gold Council и экспертная оценка



ЕЖЕГОДНЫЙ МИРОВОЙ СПРОС НА ЗОЛОТО В ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ, тонн

World Gold Council - www.gold.org



ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Электронные компоненты для компьютеров и мобильных телефонов, в высокоточных электронных, приборостроительных технологиях, транзисторы, конденсаторы, полупроводники, светодиоды, беспроводная связь

ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Устойчивые к коррозии детали химических приборов, катализаторы для экологически чистых топливных элементов и органического синтеза

ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ ДЕТАЛИ И УЗЛЫ

Реактивные двигатели, ядерные реакторы, космические аппараты, солнечные панели

МЕДИЦИНА И СТОМАТОЛОГИЯ

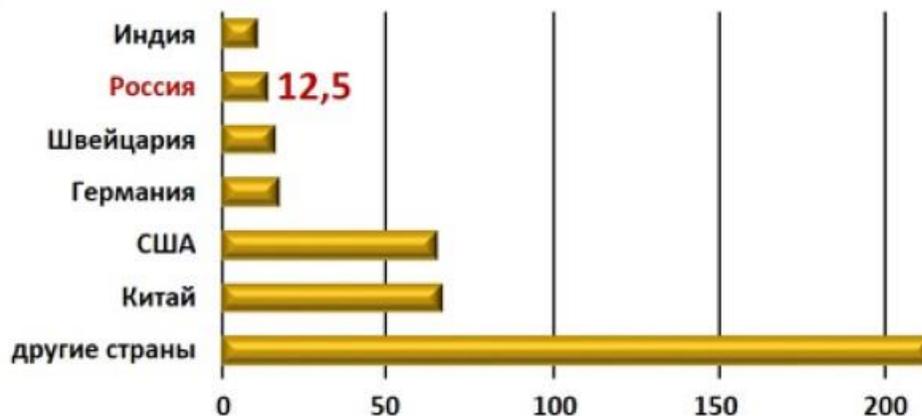
Препараты, протезирование, терапия, диагностика

БЫТОВОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ

Нанесение защитных покрытий, золочение часовых корпусов, изготовление тканей с золотыми нитями, создания специальных сортов стекла

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛОТА В ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ СТРАН МИРА В 2012 ГОДУ, тонн

по данным ИМЭМО РАН

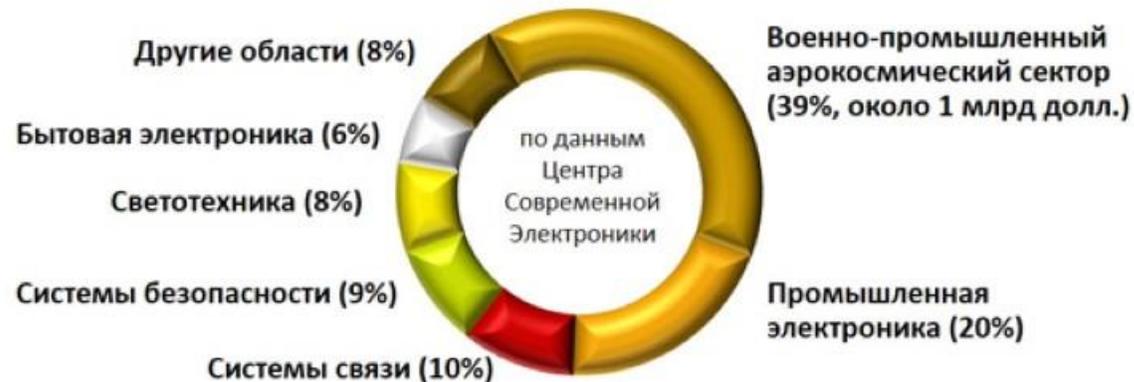


ГЛАВНЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ

- **Холдинг «Росэлектроника»** (более 50% выпуска электронных компонентов)
- **АО «МЦСТ»**
- **Другие производители** (около 3000 компаний)



ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ



Компакт-диски, подобные DVD-диску, с памятью до 10 Тб

Добавление золотых наноэлементов позволяет достичь эффекта, трех дополнительных измерений, что приведет к значительному увеличению объема информации. Подобный метод применяется и для флеш-карт

Сенсорные экраны нового поколения

Технология прозрачной проводящей пленки, с применением нанотрубки с двойной углеродной оболочкой (DWNT) и собственно золота, которое используется для уменьшения сопротивления

0,4% ДОЛЯ РОССИЙСКОГО РЫНКА ЭЛЕКТРОНИКИ ОТ МИРОВОГО

по оценке ассоциации российских разработчиков и производителей

Сверхтонкое 2D золото (толщина 2 атома)

используется в гибких экранах, электронных чернилах, прозрачных проводящих дисплеях

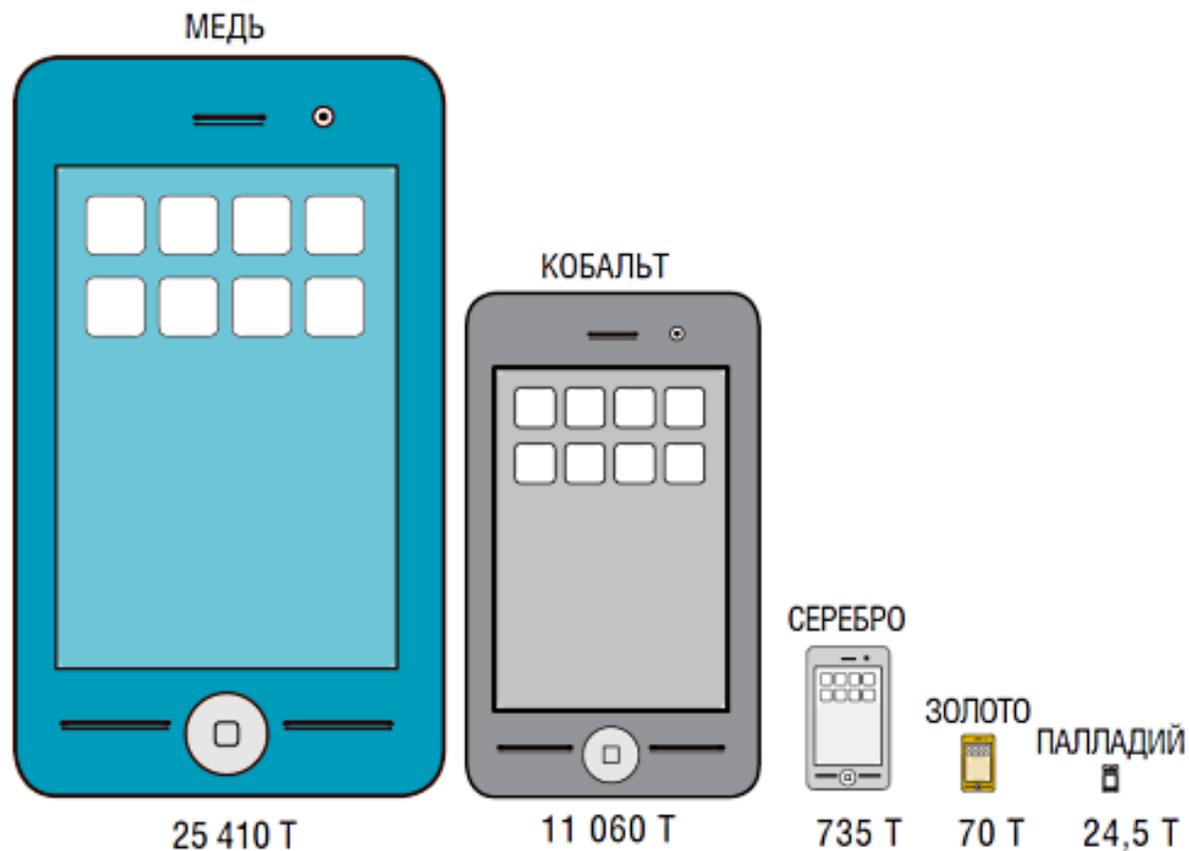
Сверхбыстрый интернет 5G

В одной антенне используется до 30 г золота

Инновационная систем нагревания табака IQOS

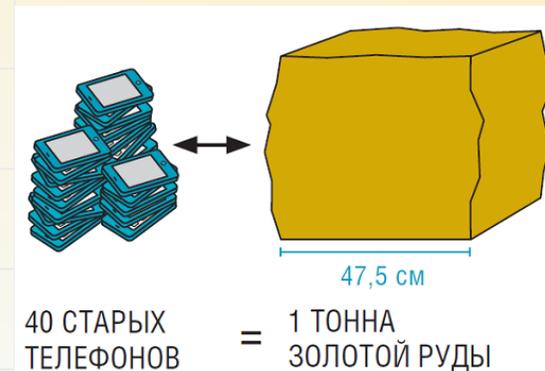
использует технологию HeatControl, которая обеспечивает нагревание табака, а не его горение. Дорожки из золота и платины, нанесенные на нагревательный элемент, вместе образуют термопару и осуществляют контроль температуры

В мире сегодня имеется более 3 млрд неиспользуемых мобильных устройств, которые хранятся дома у пользователей. В них содержится около 70 тонн золота, 735 тонн серебра и 24,5 тонны палладия...



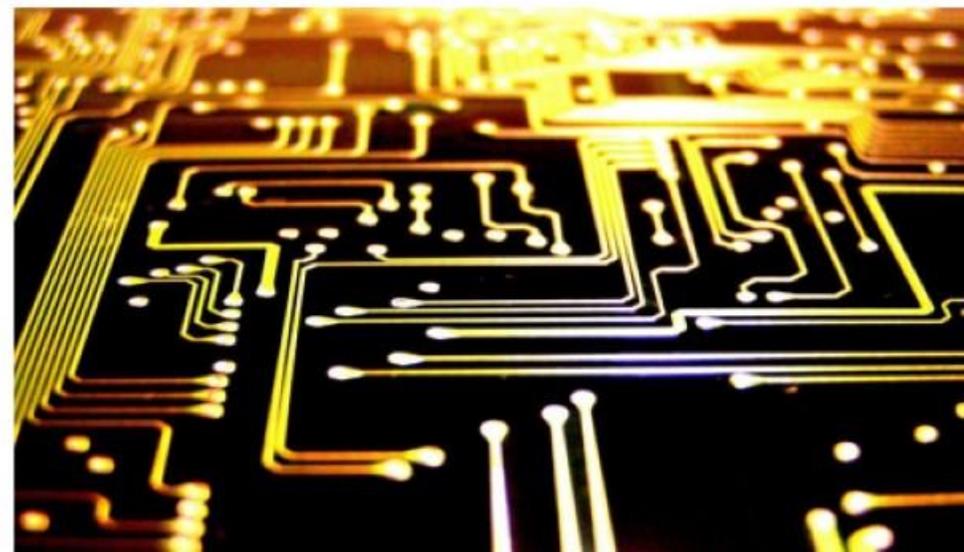
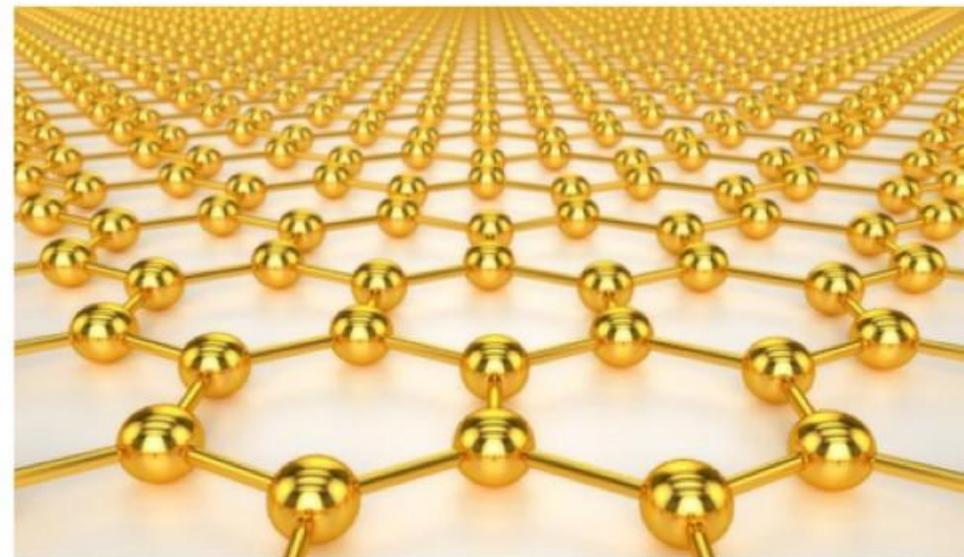
Один телефон в среднем содержит:

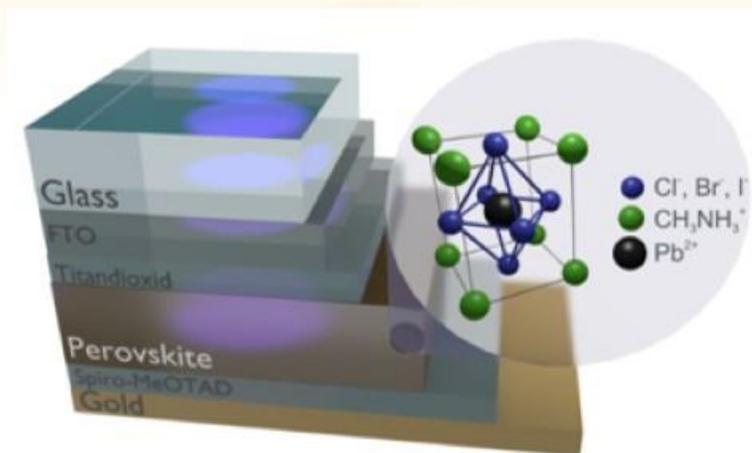
Медь	8,75 г.
Кобальт	3,81 г.
Железо	3 г.
Олово	1 г.
Тантал	0,4 г.
Серебро	0,25 г.
Золото	0,024 г.
Палладий	0,009 г.



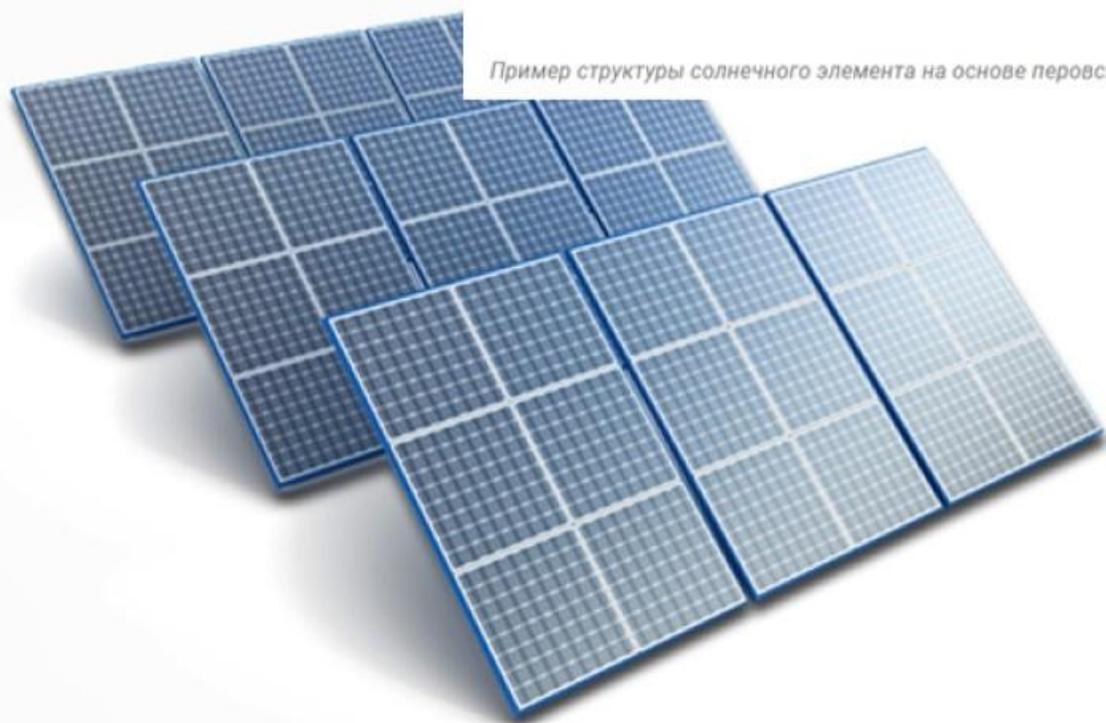
ЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ: НОВЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗОЛОТА

- **Технологии соединения изолированных проводов – «X-Wire» (Microbonds Inc)**
Это высокотехнологичное тонкопленочное диэлектрическое покрытие наноразмера. При нанесении на обычный неизолированный соединительный провод это покрытие обеспечивает уровень электрической изоляции, позволяющий касаться электронных устройств без риска короткого замыкания. Эта технология позволит разработать следующее поколение более компактных, быстрых, дешевых и надежных микрочипов
- **Использование соединений золота в органических светоизлучающих диодах и оптоэлектронных устройствах**
- **Чернила с наночастицами золота для печати высокопроводящих электронных схем при комнатной температуре**
К достоинствам проводящих линий, нанесенных струйной печатью и методом химического восстановления, относится и простота пайки, и возможность выполнения традиционных процессов изготовления печатных плат, таких как нанесение иммерсионного золота по подслою никеля, иммерсионного олова или серебра, нанесение предотвращающих окисление покрытий и органических защитных покрытий
- **Сварка мелких деталей золотом при производстве электроники**
- **Проволочные соединения из золота, не видимые невооруженным глазом**
Используются в микросхемах для создания контакта между полупроводниками и тонким слоем металла на устройстве. Микросхемы могут содержать сотни проволочных соединений, в каждом из которых есть крошечное количество золота





Пример структуры солнечного элемента на основе перовскита



- В перовскитовых солнечных элементах применяются электроды, содержащие наночастицы золота
- Основным и самым важным преимуществом перовскитовых солнечных элементов является их дешевизна в сравнении с кремниевыми элементами. Солнечные батареи на базе кремния стоят сегодня в среднем 70 центов за 1 Вт, а солнечные батареи на основе перовскита могут снизить их стоимость до 10-15 центов за 1 Вт
- Эта разработка по долговечности не может сравниться с традиционными технологиями, основанными на использовании кремния, но работа по ее совершенствованию не прекращается
- Солнечная энергетика с точки зрения спроса на золото в перспективе может встать в один ряд с электронной промышленностью
- Вполне возможно, что технологии получения солнечной энергии с использованием золота в виде наночастиц или покрытий войдут в массовое применение
- С развитием солнечной энергетики золото будет использоваться в значительно больших объемах

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА – ОСНОВА ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА – СОВРЕМЕННОЕ БЫСТРО РАЗВИВАЮЩЕЕСЯ НАПРАВЛЕНИЕ

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- **Электроника**
- **Химический катализ и др.**
- **Медицина – наиболее перспективное направление** (целевая доставка лекарств к органам и тканям, генная терапия, обнаружение опухолей и радиотерапия)

ПРОГНОЗ РОСТА МИРОВОГО РЫНКА НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА



По оценкам аналитиков World Gold Council, использование наночастиц в период 2017-2021 годов ежегодно увеличивалось на 15-20%, а через 10 лет к 2027 году ожидается его удвоение

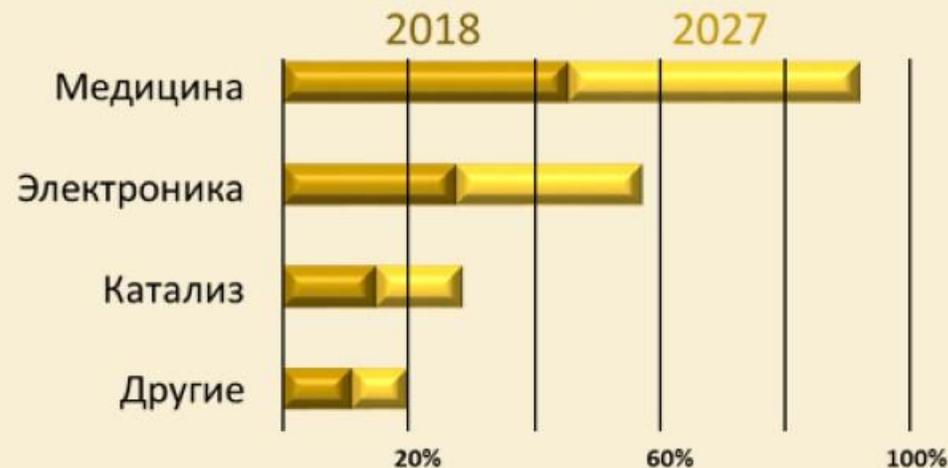
ОТНОСИТЕЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИРОВОГО РЫНКА НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА ПО РЕГИОНАМ

www.grandviewresearch.com



ПРОГНОЗ РОСТА МИРОВОГО РЫНКА НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА ПО ОБЛАСТЯМ ПРИМЕНЕНИЯ

www.inkwoodresearch.com



УНИКАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ЗОЛОТА

- Биосовместимо с организмом
- Не токсично
- Не вызывает аллергии
- В древние времена его применяли в медицине как антибактериальное средство

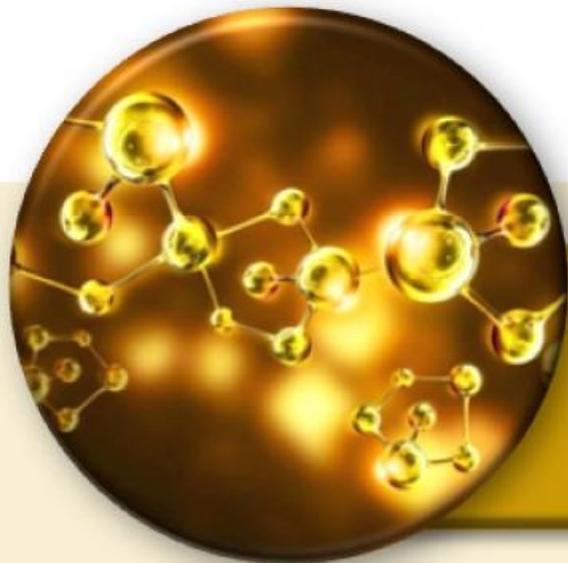
ПРЕИМУЩЕСТВА ЗОЛОТЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ (АНМ)

- Легкость синтеза
- Легкая модификация поверхности
- Высокая биосовместимость
- Низкая токсичность
- Отличные носители лекарств
- Контролируемое высвобождение лекарств
- Превосходные оптические свойства, которые можно использовать для отслеживания, визуализации, диагностики и терапии

ФОРМА АНМ

- Наносферы
- Наностержни
- Нанозвезды
- Нанооболочки
- Нанокубы
- Наночаши

СТРОЕНИЕ НАНОСФЕРЫ ЗОЛОТА



БИОМЕДИЦИНА
АНМ

- I. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА
- II. ТЕРАПИЯ
- III. ТЕРАНОСТИКА (ТЕРАПИЯ + ДИАГНОСТИКА)

БИМЕДИЦИНА АНМ

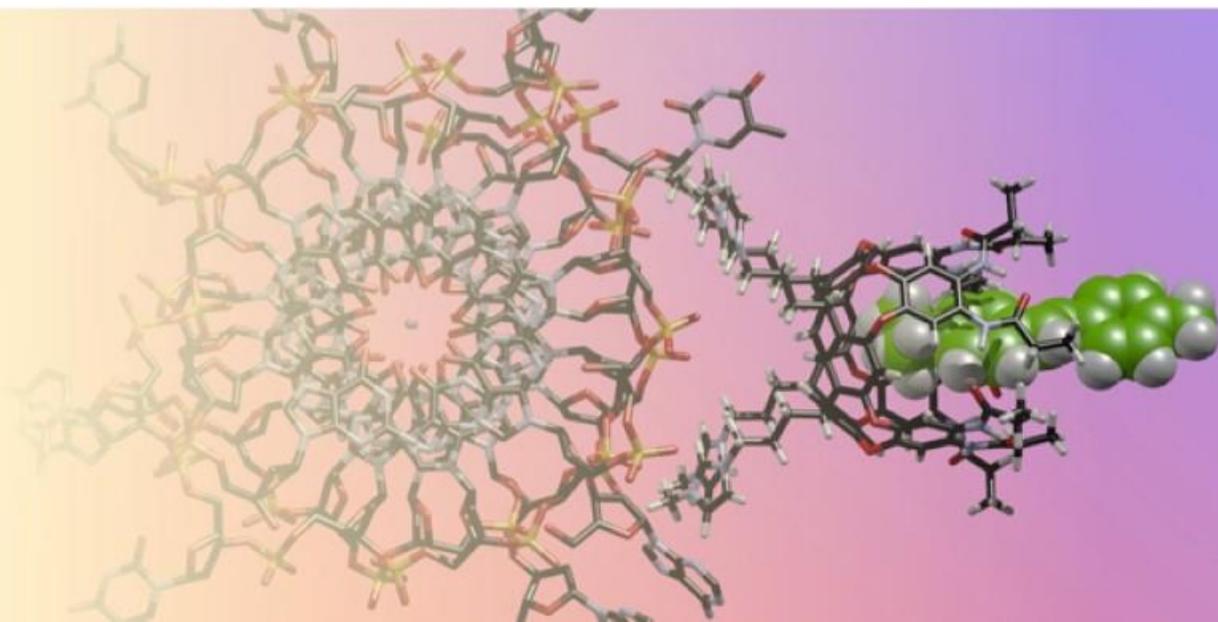
I. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА



- **РАМАНОВСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ**
процесс поверхностного усиленного комбинационного рассеяния (SERS)
- **ОКРАШИВАНИЕ ИММУНОЗОЛОТОМ**
технология применяется с 1971 г.
- **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В МИКРОСКОПИИ**
 - в условиях темного поля
 - двухфотонная люминесцентная визуализация (TPLI);
 - конфокальная отражательная микроскопия (CRM)
 - конфокальный лазерный сканирующий микроскоп (CLSM)
- **ОПТИЧЕСКАЯ КОГЕРЕНТНАЯ ТОМОГРАФИЯ (ОСТ)**
и РЕНТГЕНОВСКАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ (СТ)
- **ФОТОАКУСТИЧЕСКАЯ (РА) ВИЗУАЛИЗАЦИЯ**

ПРИМЕРЫ ДИАГНОСТИКИ

- **Наночастицы золота лежат в основе многих экспресс-тестов**
Раковые заболевания, малярия, СПИД, вирус сальмонеллы, беременность и дают возможность выявления заболевания на ранних стадиях
- **«Биоштрихкод» (bio barcode assay)**
Ультрочувствительный способ обнаружения целевых белков и нуклеиновых кислот
- **«Химический нос» (chemical nose)**
Высокочувствительная регистрация биомолекул-мишеней (с точностью 95% можно дифференцировать 12 штаммов бактерий быстро и точно разделить нормальные, раковые и метастатические клетки)

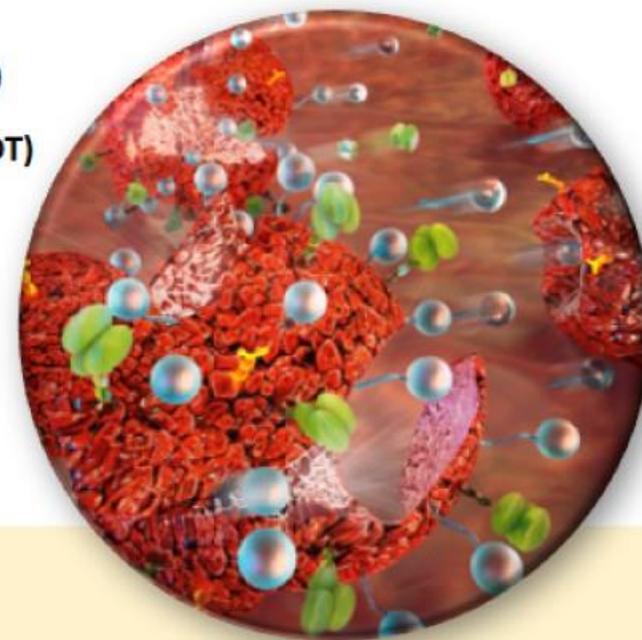


II. ТЕРАПИЯ

- Лекарства, конъюгированные с ANM, обладают противораковыми, противовирусными, антимикробными и противовоспалительными эффектами
- Контролируемое высвобождение лекарства с ANM
- Адресная доставка лекарств в клетки (для минимизации вреда всему организму, например при химиотерапии, лечение раковых опухолей на ранних стадиях)
- Возможность использования нескольких терапевтических методов одновременно на одном наноносителе

III. ТЕРАНОСТИКА (терапия + диагностика)

- Лучевая терапия (RT)
- Фототермическая терапия (PTT)
- Фотодинамическая терапия (PDT)
- Иммунотерапия (IT)



ПРИМЕРЫ ПРЕПАРАТОВ

- **Ауримун (Aurimune)**
27 нм наночастицы золота используются в качестве носителя белка фактора некроза опухоли (tumour necrosis factor, TNF). Aurimune это троянский конь, который преодолевает границы крепости опухоли и «тащит» за собой химиотерапевтические препараты
- **Ауролаз (Auroclase)**
Препарат прошел клинические испытания для фототермической терапии опухолей легких, головы и шеи
- **Тауредон**
Используется при лечении ревматоидного артрита, аутоиммунного полиартрита

АНМ КАК ПРОТИВОМИКРОБНЫЙ ПРЕПАРАТ ДЛЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ БОЛЬНИЦ

- **Терапевтическое использование фотосенсибилизатора на основе золотых наночастиц (Корпорация Ondine Biopharma)** Это очень мощное фотодезинфицирующее средство в уничтожении метициллин/мультирезистентного к лекарственным препаратам золотистого стафилококка (MRSA), известного внутрибольничного патогена
- **Разрабатывается одежда и повязки на раны с серебром с добавлением ANM для продления и усиления противомикробного эффекта**



- **В Польше недавно запатентовали искусственную слюну с ANM, предназначенную для пациентов с нарушениями выделения слюны**
- **С помощью редких медицинских препаратов кризанола и ауринофина, содержащих органические соединения золота, успешно лечат ревматоидный артрит и туберкулёз**
- **В США золото научились использовать для усиления свойств коллагена для восстановления кожи**
- **Золотые нити для подтяжки лица – самое длительное сохранение молодости в индустрии красоты (9-15 лет)**



СЕРЕБРО

Основные направления и перспективы применения*

Энергетика

Производство модулей (панелей) для индивидуального применения в домохозяйствах, на предприятиях и в составе солнечных электростанций (СЭС). Серебро применяется в составе пасты при формировании токосъемной сетки.

В РФ выпуск гетероструктурных солнечных модулей осуществляет компания «Хевел». Произведенные на заводе в Новочебоксарске (р. Чувашия) используются при строительстве СЭС в различных регионах страны.



Кош-Агачская солнечная электростанция, мощностью 10 МВт

Более половины оборудования, задействованного при строительстве станции, произведено на базе российских предприятий электротехнической и металлообрабатывающей промышленности.

География поставок комплектующих: [Красноярск](#), [Казань](#), [Чебоксары](#), [Калуга](#), [Иркутск](#), [Новосибирск](#).

Торжественная церемония запуска Кош-Агачской СЭС, в которой принял участие (по телемосту) президент РФ [Владимир Путин](#), состоялась 4 сентября 2014 года.

СЕРЕБРО

Основные направления и перспективы применения*

Низкоэмиссионные стекла

Производство энергоэффективного стекла с низкоэмиссионным покрытием, позволяющим снизить затраты на обогрев и кондиционирование. В РФ выпуск низкоэмиссионных стекол с покрытием на основе серебра осуществляет группа компаний «Салаватстекло». Продукция применяется в составе стеклопакетов при остеклении жилой и коммерческой недвижимости

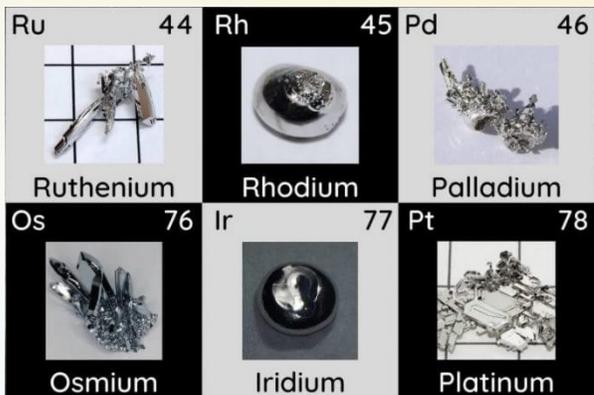
Связь

Применение серебра при производстве следующих групп оборудования в сетях пятого поколения: полупроводники, автомобильная электроника совместимая со стандартом 5G, потребительская электроника, различные устройства Интернета вещей, печатная (нанесение серебросодержащих материалов на подложку) и гибкая электроника, многослойные керамические конденсаторы.

РФ: согласно опубликованной Минцифры РФ стратегии развития отрасли связи (проект) к 2035 г. сети 5G должны работать на российском оборудовании во всех городах страны с населением, превышающим 100 тыс. человек. К 2030 г. сети 5G должны будут работать на территории, где проживают 20-25% населения страны, а к 2035 г. охват вырастет до 50-60%. На первом этапе (2023–2030 гг.) планируется разработка отечественной электронной компонентной базы для создания абонентских терминалов сетей мобильной связи 4G/LTE и 5G, а также налаживание их серийного выпуска. В планах также опытная эксплуатация отечественного оборудования стандартов 5G и 6G-Ready.



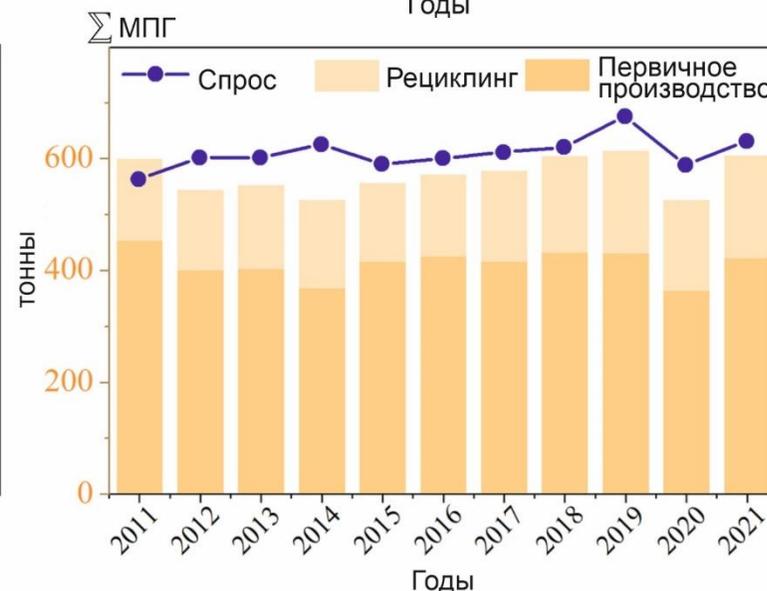
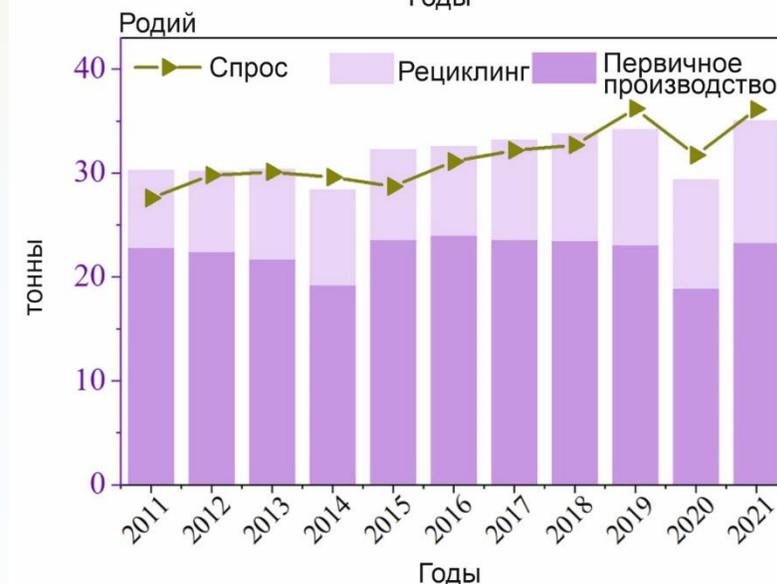
МИРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ПОТРЕБЛЕНИЕ МЕТАЛЛОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ (МПК)



Металлы платиновой группы (МПК):

- Платина
- Палладий
- Родий
- Осмий
- Иридий
- Рутений

Мировое производство и потребление МПК за последнее десятилетие относительно стабильны. Практически весь мировой сырьевой потенциал и добыча МПК сосредоточены в недрах пяти стран — ЮАР, Россия, Зимбабве, США и Канада, причем на долю первых двух приходится более 85 % мировых ресурсов платиноидов.



Динамика мирового производства (первичное и рециклинг) и потребления МПК за 2011 – 2021 гг.

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ (МПГ)



Динамика мирового потребления МПГ по отраслям за 2011 – 2021 гг. (тонны)



Основное применение МПГ - катализаторы в химических реакциях

Автомобильная промышленность: платина, палладий и родий применяются для изготовления каталитических нейтрализаторов в автомобильной промышленности.

Топливные элементы.

Специальные сплавы и лопасти турбин для реактивных авиадвигателей.

Химическая промышленность: платина или платинородиевые сплавы катализируют частичное окисление аммиака в азотную кислоту, которая служит сырьем в химических производствах.

Электротехническая промышленность: сплавы МПГ используются для изготовления электрических контактов, схем, электродов и термопар.

Медицинская промышленность: иридий и платина необходимы для кардиостимуляторов, стентов, медицинских имплантатов; противоопухолевые препараты.

Нефтехимическая промышленность: МПГ используются как катализаторы.

Металлургия: МПГ действуют как легирующие добавки, улучшающие свойства других металлов.

МПГ используются для изготовления тиглей для выращивания монокристаллов оксидов.

Платина, палладий и родий используются при изготовлении ювелирных изделий

Платина и палладий используются в качестве инвестиционного инструмента

МЕТАЛЛЫ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ**

Структура рынка в 2022 г.

Платина, доли в %



Палладий, доли в %



Динамика биржевых цен на МПГ в 2013–2023 гг. *, долл./тр. унция

Средняя цена в ноябре 2023 составила:

Платина 895 долл./тр. унц.
Палладий 1048 долл./тр. унц.



Отраслевая структура потребления **платины**: на изготовление каталитических нейтрализаторов выхлопных газов дизельных двигателей (может также частично заменять палладий в катализаторах для бензиновых моторов) приходится 40%, ювелирных изделий — 25%, химических катализаторов — 9%, производства стекла — 4%, электроники — 2%, прочие области — 20%. Основным потребителем платины являются Китай (34%), страны Европы (22%), Северной Америки (16%), Япония (12%); на остальной мир приходится 16%.

В отраслевой структуре потребления **палладия** основной объем (82% в 2022 г.) приходится на автомобилестроение, где он используется для изготовления каталитических нейтрализаторов выхлопных газов бензиновых двигателей; остальное обеспечивают химические катализаторы (6%), изготовление имплантов (6%), электроника (2%), ювелирная промышленность (2%) и прочие сферы (2%). Основными центрами потребления палладия являются Китай (29% в 2022 г.), а также страны Северной Америки (29%), Европы (20%) и Япония (9%); на остальной мир приходится 13%.

* Для 2023 г. значение за 10 месяцев

** На основе данных IPA, WPIС, LBMA, ПАО «Норникель»

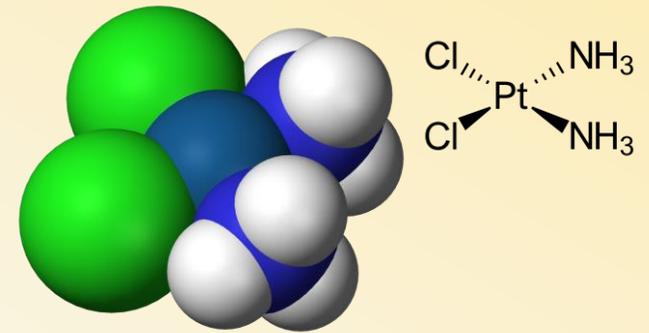
МЕДИЦИНА, КОСМЕТОЛОГИЯ

Pt и ее сплавы используются для изготовления некоторых инструментов (пинцетов, щипцов и т.п.), шприцов для ртутных препаратов, а также (совместно с **Pd** и **Ru**) для изготовления зубных протезов. Тетроксид **Os** используется при проведении гистологических исследований, лечения артрита. **Ir**, **Os** и **Ru** находят применение в составе химиотерапевтических препаратов. **Pt-Ir** электроды используются в качестве стимуляторов сердечной деятельности. **Ir** и **Pt** применяют для внутритканевой и внутрисполостной лучевой терапии

Препараты платины, рутения и иридия для лечения онкозаболеваний.

Противораковая активность **цисплатина** обнаружена в 1965 году. Он останавливает рост клеток раковой опухоли.

Липоплатин (наноплатин) – новейшее цитостатическое противоопухолевое химиотерапевтическое лекарство.

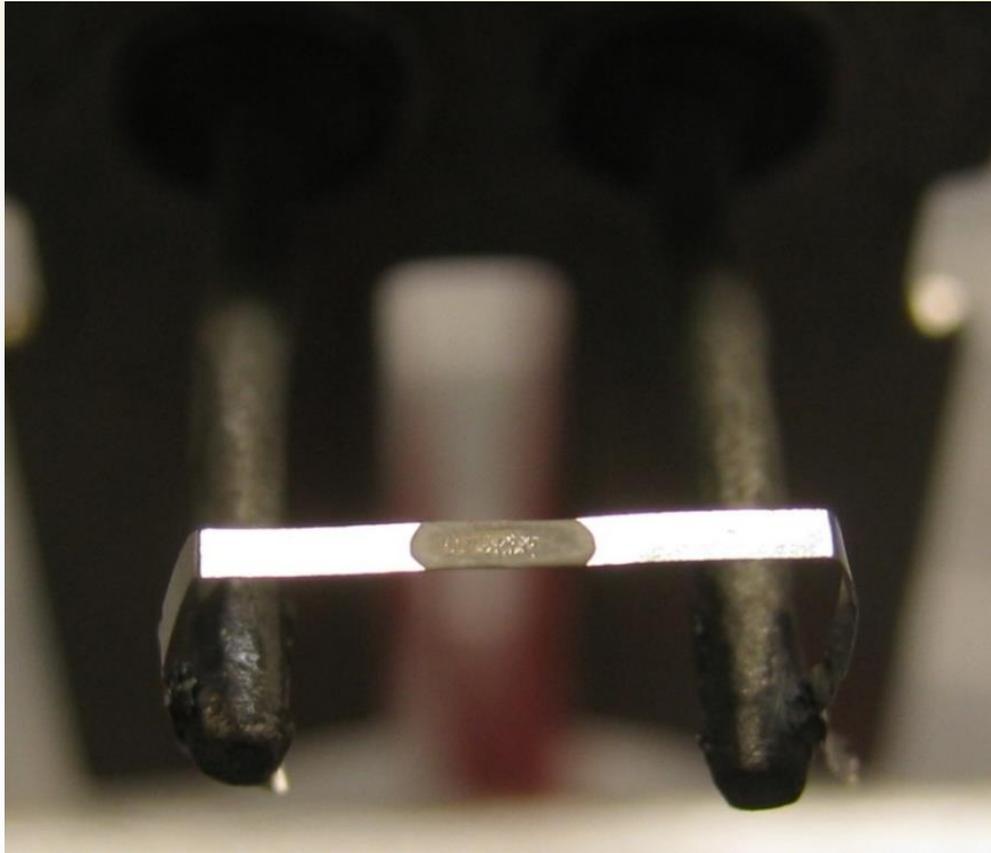


Наноплатина – прекрасный увлажнитель, она способна задерживать молекулы воды из воздуха и поставлять их в клетки, которые постоянно нуждаются в ней.

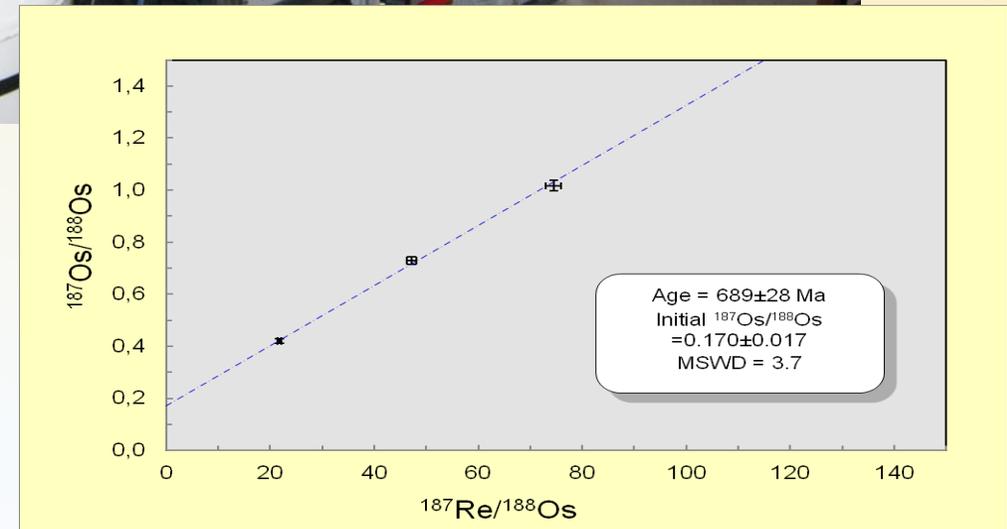
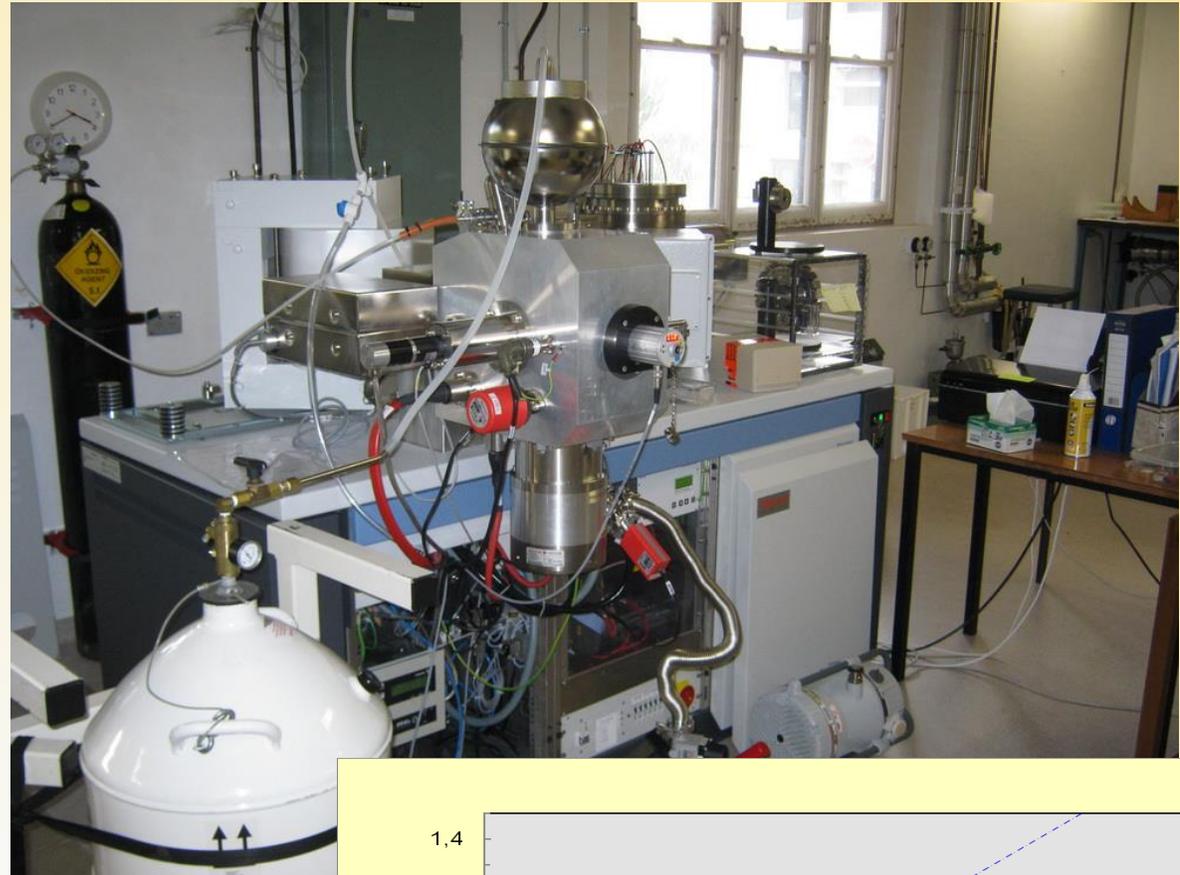
«+» использования:

- Улучшает микроциркуляцию, метаболизм и питание клеток
- Замедляет процесс старения
- Препятствует росту и размножению бактерий
- Предотвращает выпадение волос, стимулирует их рост
- Укрепляет ногти





Препарат для анализа изотопного состава Os на платиновом катоде



ИННОВАЦИИ В ПРОГНОЗЕ, ПОИСКАХ И ОЦЕНКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
АЛМАЗОВ, БЛАГОРОДНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ



ЦНИГРИ