

# Часть I. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О КОМПОЗИТАХ.

1. Понятие о композитах
2. Роль композитов в техническом прогрессе человечества
3. Использование композитов в древности
  - Армированные кирпичи
  - Зиккурат в г. Ур
  - Битумная дорога
  - Армированные стены в г. Урук
  - Древняя бумага
  - Мумифицирование
  - Монгольский лук
  - Дамасская сталь
  - Катана
  - Древнегреческий линоторакс
4. Классификация композитов
  - Волокнистые композиты
  - Композиты, упрочненные частицами
  - Нанокompозиты
  - Слоистые композиты
  - Сэндвич композиты (трехслойные конструкции)
5. Особенности композитов по сравнению с традиционными материалами
  - Анизотропия
  - Удельная прочность и удельный модуль
  - Сопротивление усталости
  - Особенности проектирования
  - Механизм деформирования и разрушения
  - Внутреннее демпфирование
  - Влияние окружающей среды
  - Особенности изготовления
6. Области применения композитов
  - Авиация и ракетостроение
  - Транспортная индустрия
  - Судостроение и морская промышленность
  - Строительство
  - Ветроэнергетика
  - Спорт
  - Оборонная промышленность
  - Медицина
  - Потребительские товары
7. Предварительный выбор материала

# ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О КОМПОЗИТАХ



1. Понятие о композитах
2. Роль композитов в техническом прогрессе человечества
3. Применение композитов в древности
4. Классификация композитов
5. Особенности композитов по сравнению с традиционными материалами
6. Области применения композитов

Композиты – это неоднородные сплошные материалы, состоящие из нескольких компонентов с четкой границей раздела между ними. В качестве таких компонентов обычно выступают полимеры, керамика или металлы. Как правило, компоненты, составляющие композит, делят на матрицу (или связующее) и включенные в нее армирующие элементы (или наполнители). При этом и наполнитель и матрица сохраняют свою идентичность на физическом и химическом уровне и обеспечивают композиту такую комбинацию свойств, которая не может быть достигнута с использованием только лишь одного из компонентов.

Функция армирующих элементов, как правило, состоит в обеспечении необходимых механических характеристик композита, таких как прочность, жесткость и т.д., а матрица обеспечивает совместную работу армирующих элементов и их защиту от агрессивных воздействий окружающей среды.

# 1. Понятие о композитах.

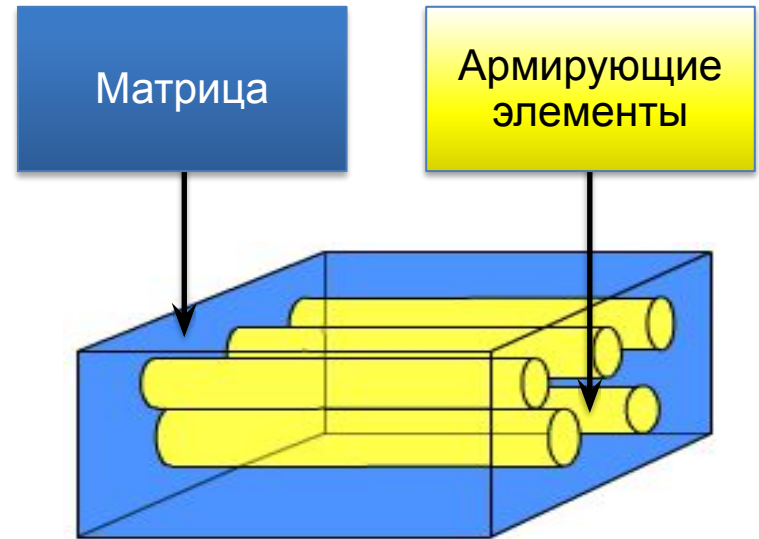
КОМПОЗИТЫ – это неоднородные материалы, состоящие из нескольких компонентов с четкой границей раздела между ними

Основные функции *армирующих элементов*:

- обеспечение прочности материала
- обеспечение жесткости материала

Основные функции *матрицы*:

- обеспечение совместной работы армирующих элементов
- защита армирующих элементов от агрессивного воздействия окружающей среды



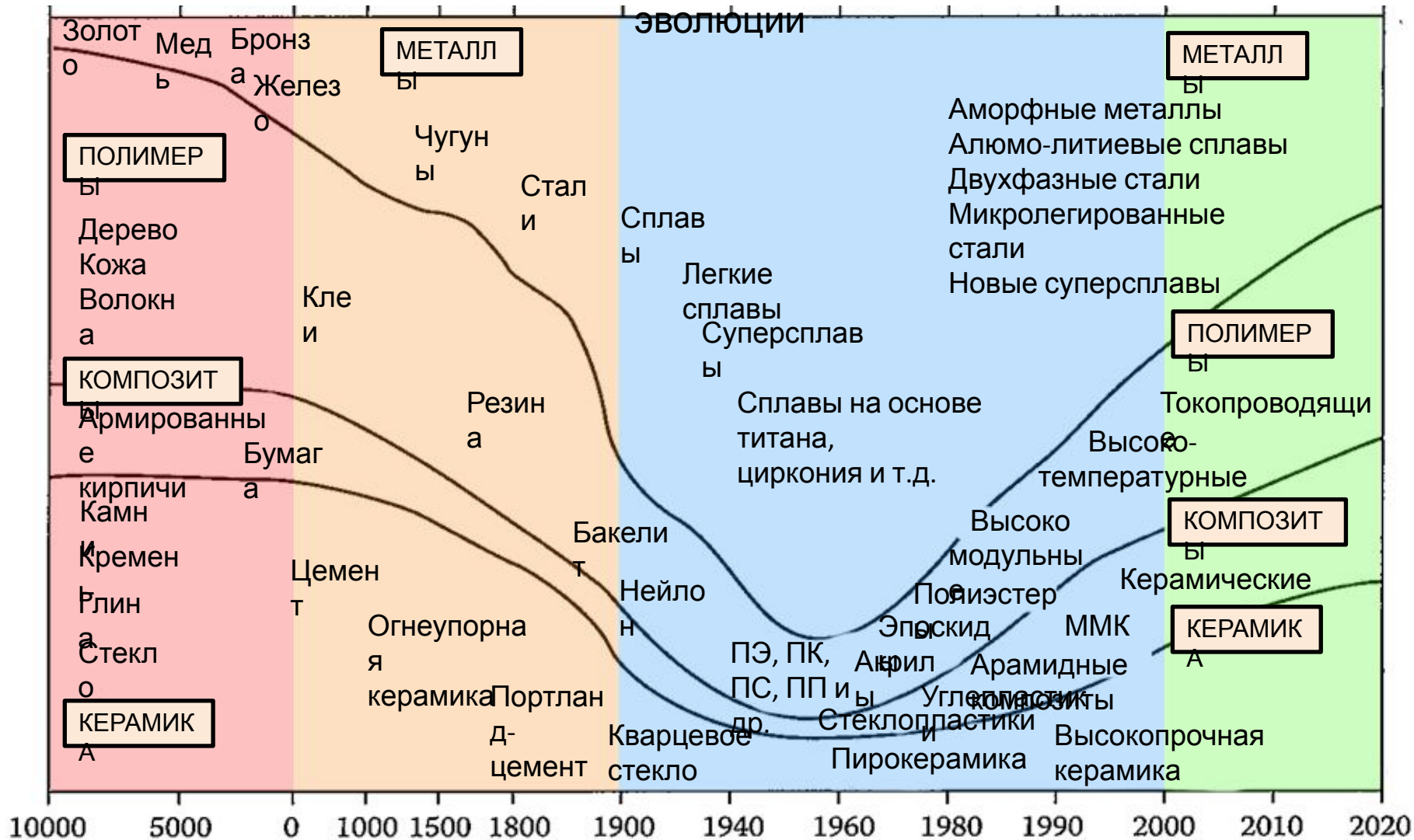
*Типичный композит*



На протяжении всей истории человечества материалы, используемые человеком в повседневной жизни, определяли технический и технологический прогресс.

## 2. Роль композитов в техническом прогрессе человечества.

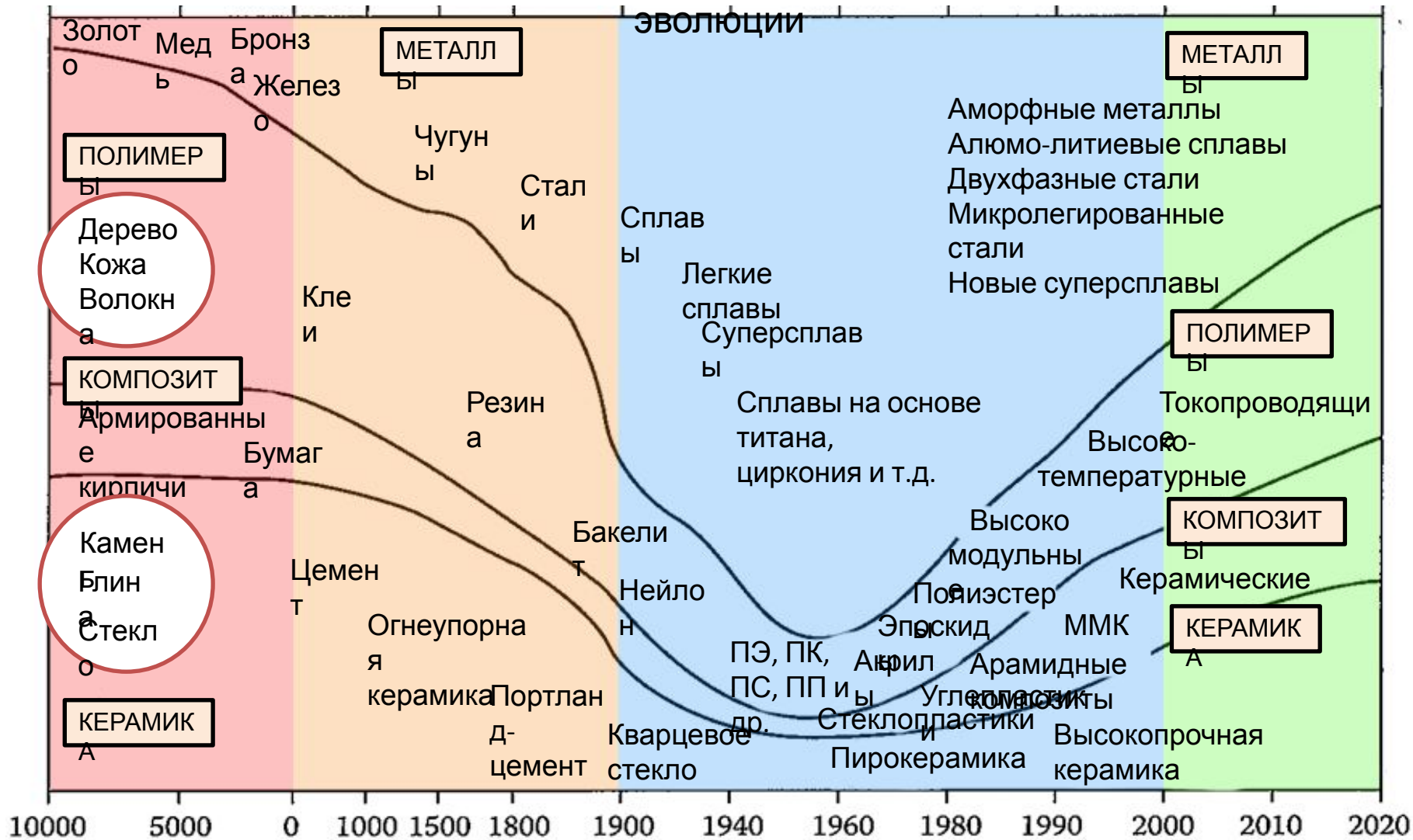
Относительная доля материалов, используемых человеком в процессе



В доисторический период человек в основном использовал камень, глину, стекло и природные полимеры, такие как дерево, кожа и волокна растений.

## 2. Роль композитов в техническом прогрессе человечества.

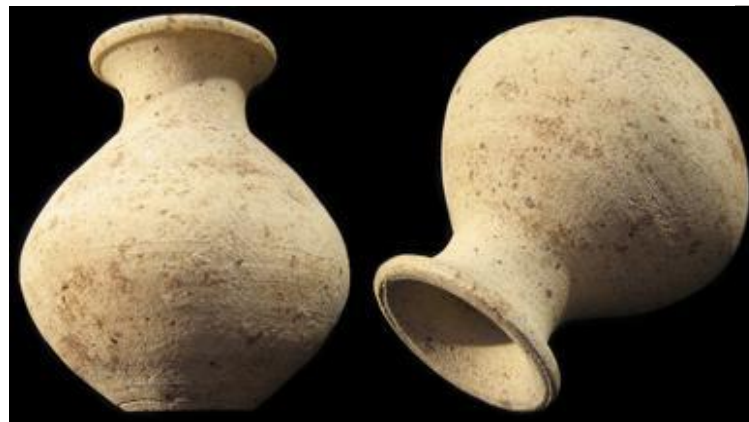
Относительная доля материалов, используемых человеком в процессе







*Каменный тесак с  
деревянной рукояткой*



*Глиняные горшки*



*Стеклянная  
емкость*



*Кожаная обувь*



*Обувь из  
растительных волокон*

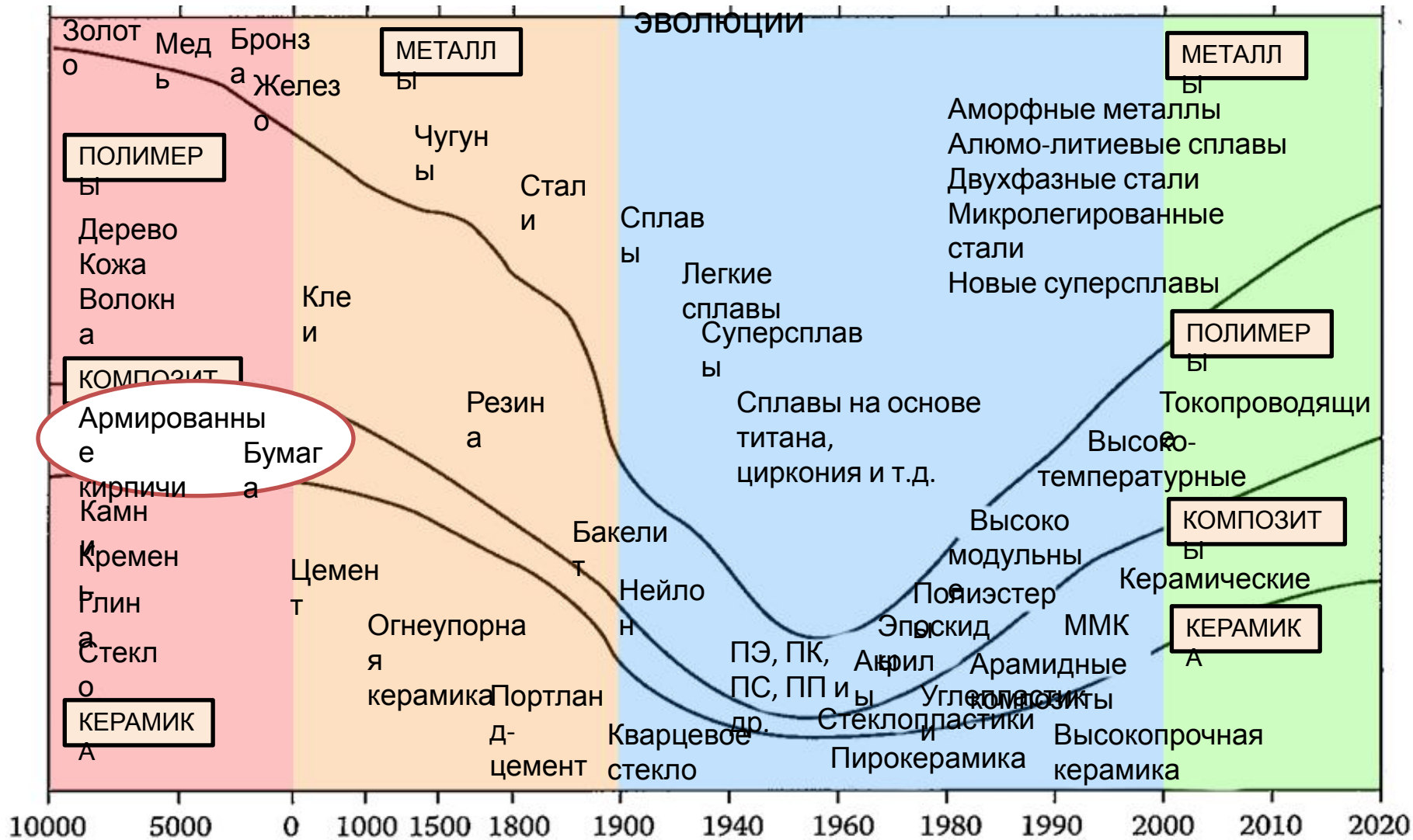


*Деревянные кружки*

Композиты, конечно, также использовались, но в значительно меньшей степени. Это были, в основном, армированные кирпичи и бумага.

## 2. Роль композитов в техническом прогрессе человечества.

Относительная доля материалов, используемых человеком в процессе



*Кирпичи, армированные соломой*

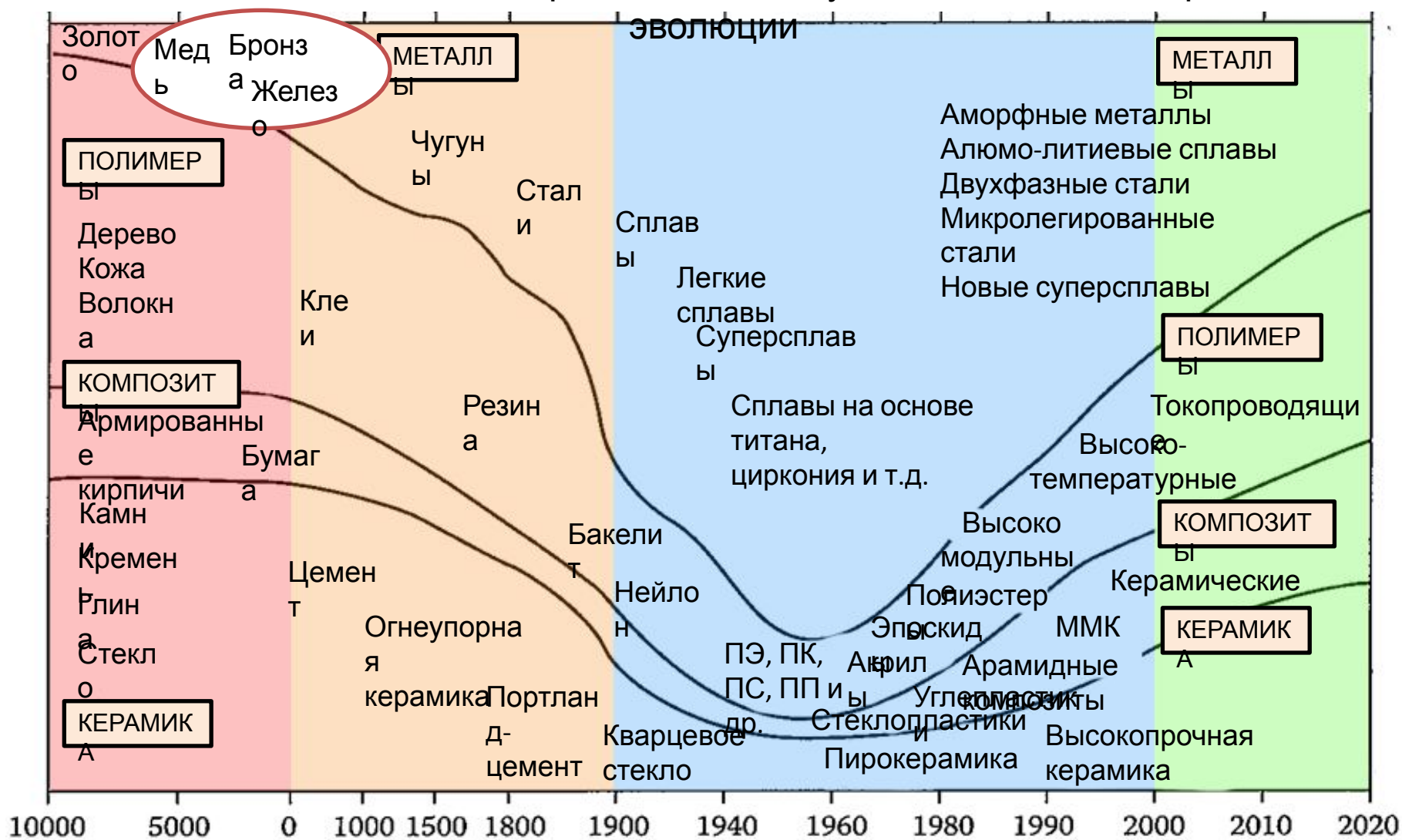


*Древнеегипетская бумага*

Последующее открытие методов добычи меди и бронзы в бронзовую эру, а затем и железа в железный век придало значительный импульс прогрессу человечества. Результатом стало снижение востребованности керамики и природных полимеров.

## 2. Роль композитов в техническом прогрессе человечества.

Относительная доля материалов, используемых человеком в процессе

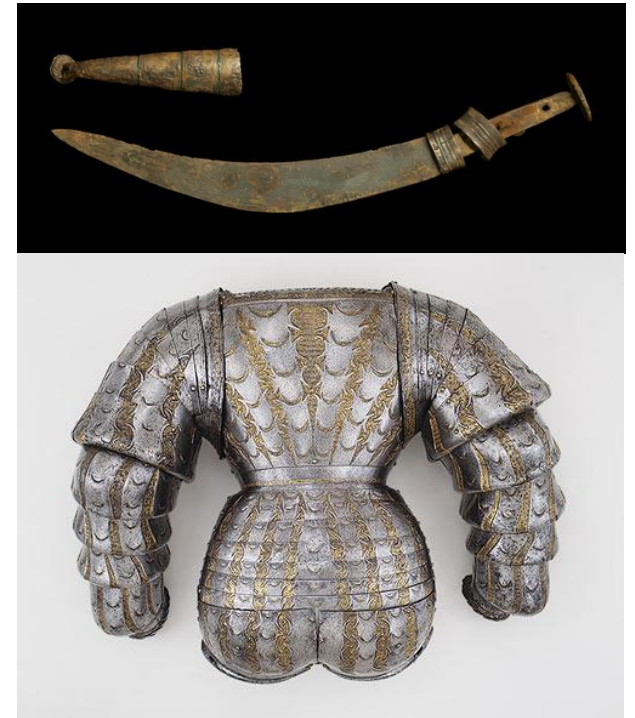




*Медные изделия*



*Бронзовая фигурка*



*Железные изделия*

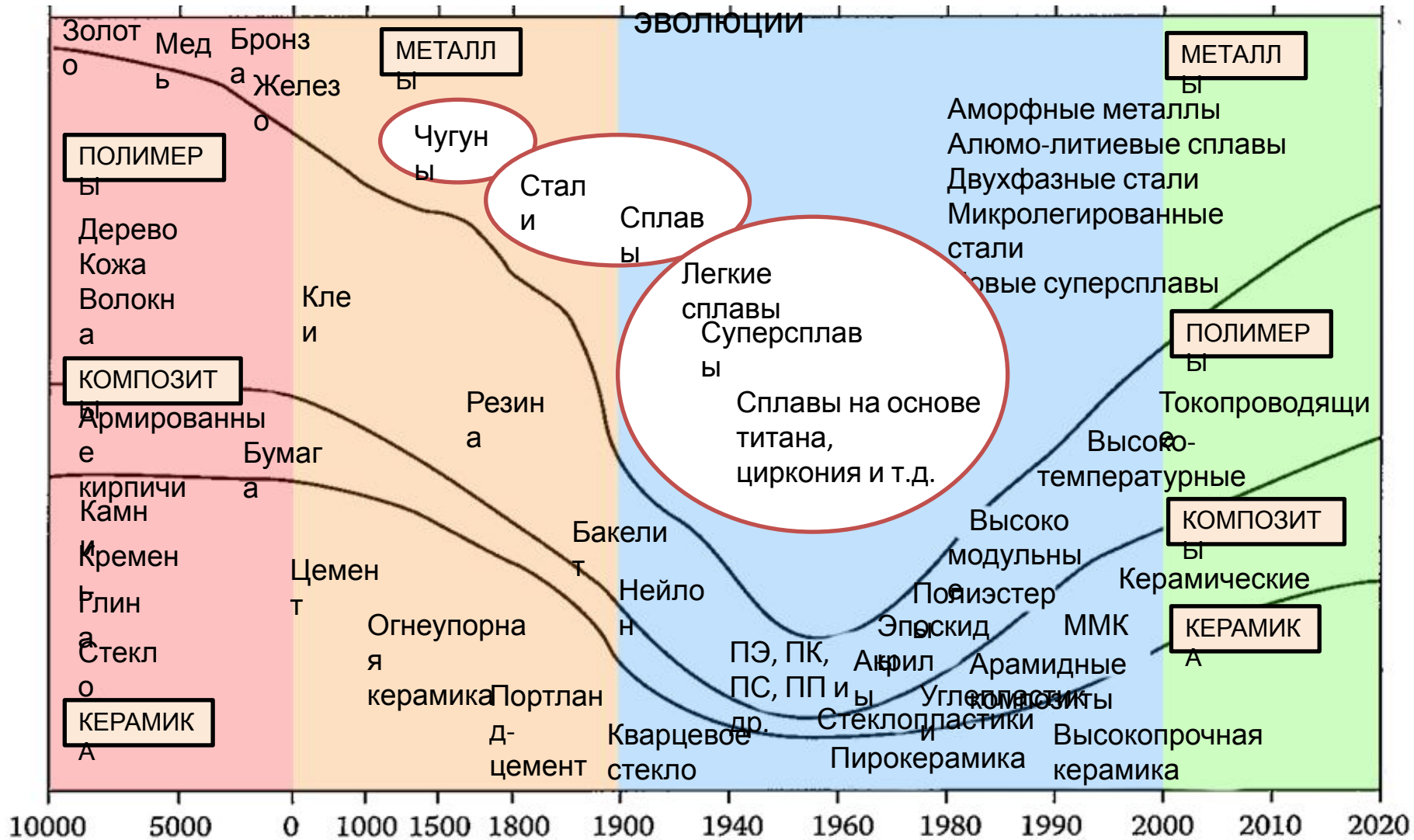
Появление в 1620 гг. технологии производства чугуна, а затем сталей и сплавов привело к устойчивому доминированию металлов, которые практически вытеснили из обращения полимеры и керамику.



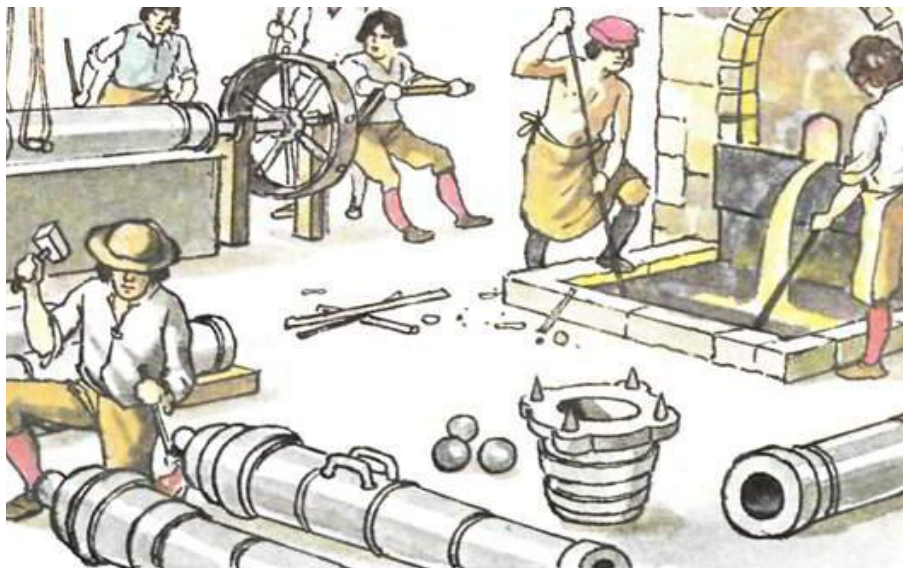
# ВВЕДЕНИЕ В ПРЕДМЕТ.

## 2. Роль композитов в техническом прогрессе человечества.

Относительная доля материалов, используемых человеком в процессе



## Литейное производство



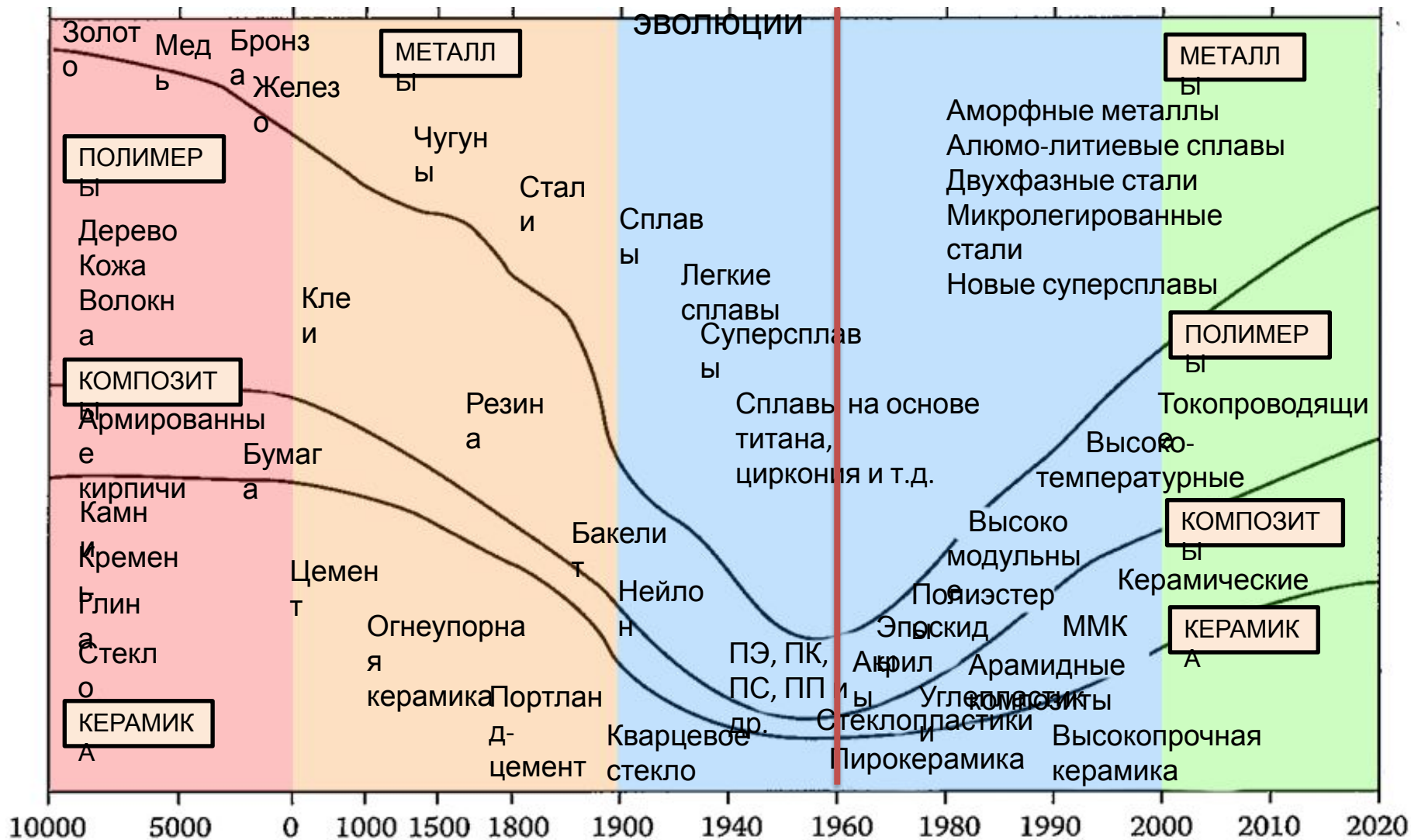
## Различные стальные и чугунные изделия



Начиная с 60х годов двадцатого столетия ситуация начала меняться – темпы производства металлических конструкций замедлились, и спрос на металлы в ряде стран заметно упал, тогда как индустрия полимеров и композитов начала стремительно расти и развиваться.

## 2. Роль композитов в техническом прогрессе человечества.

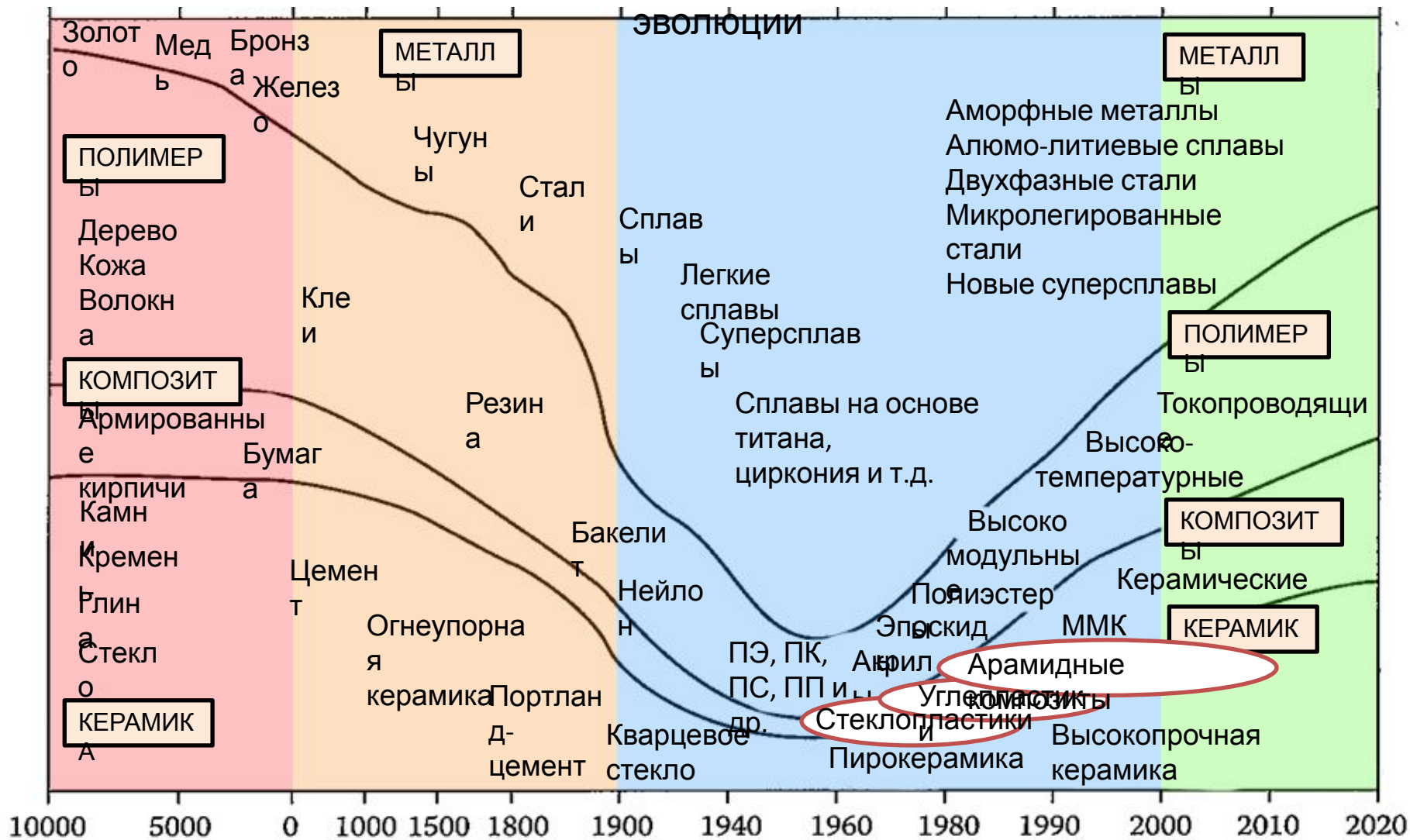
Относительная доля материалов, используемых человеком в процессе



Сначала появились полимерные композиты, армированные стеклянными, углеродными и арамидными волокнами.

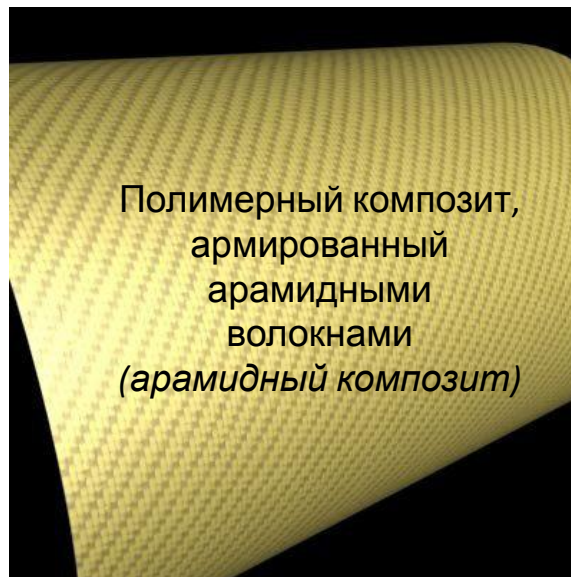
## 2. Роль композитов в техническом прогрессе человечества.

Относительная доля материалов, используемых человеком в процессе

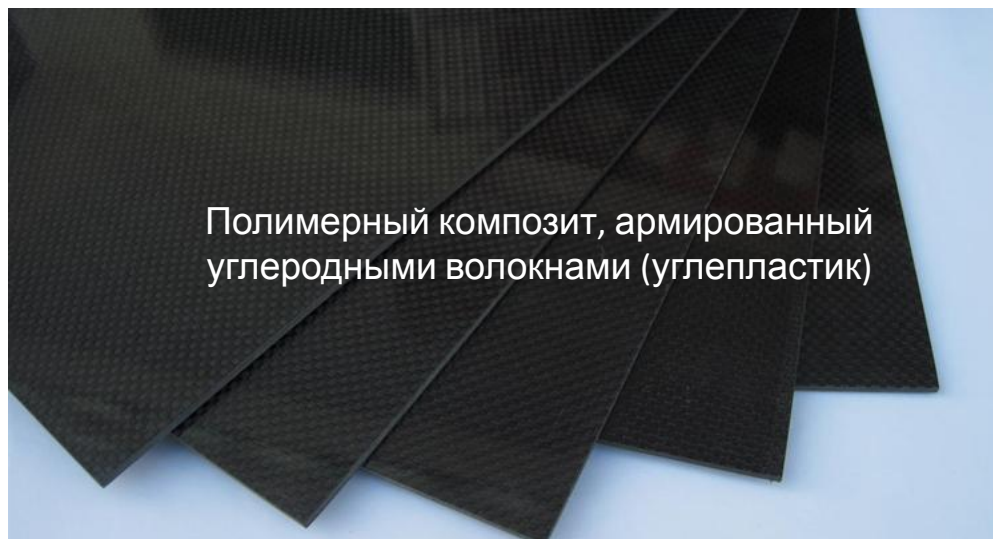




Полимерный композит,  
армированный  
стеклянными волокнами  
(стеклопластик)



Полимерный композит,  
армированный  
арамидными  
волокнами  
(aramидный композит)



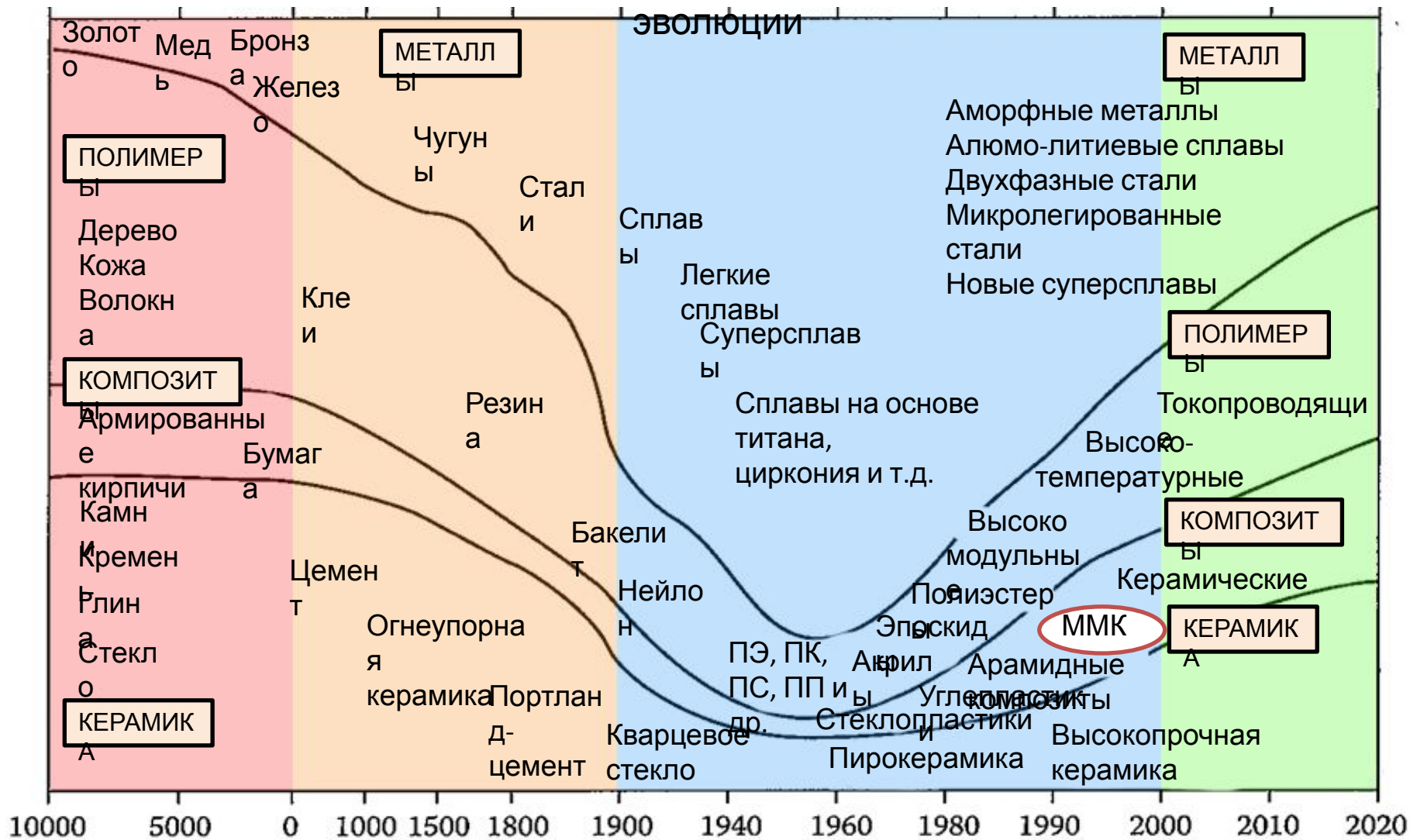
Полимерный композит, армированный  
углеродными волокнами (углепластик)

Затем появились композиты с металлическими матрицами (металломатричные композиты).

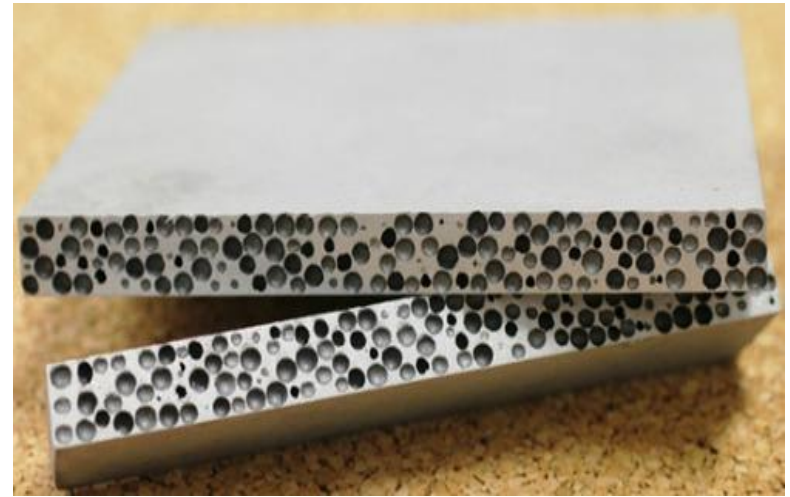
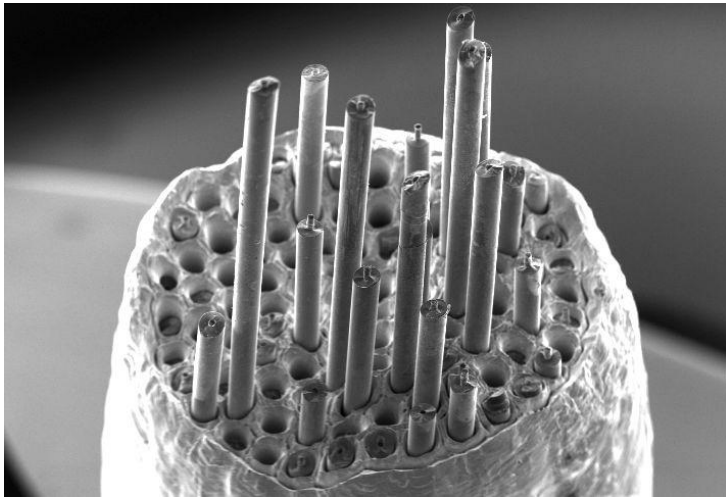


## 2. Роль композитов в техническом прогрессе человечества.

Относительная доля материалов, используемых человеком в процессе



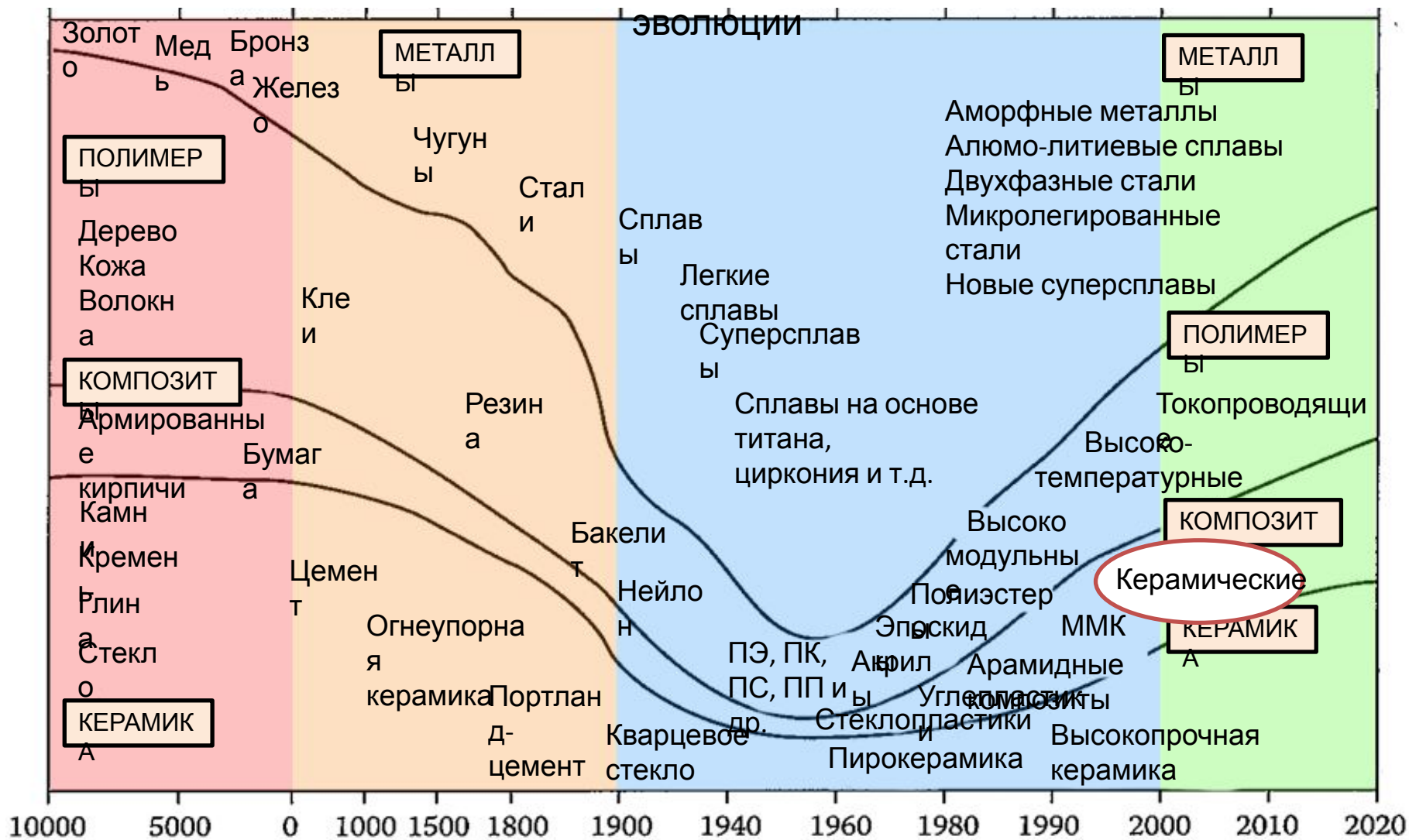
## Металломатричные композиты (ММК)



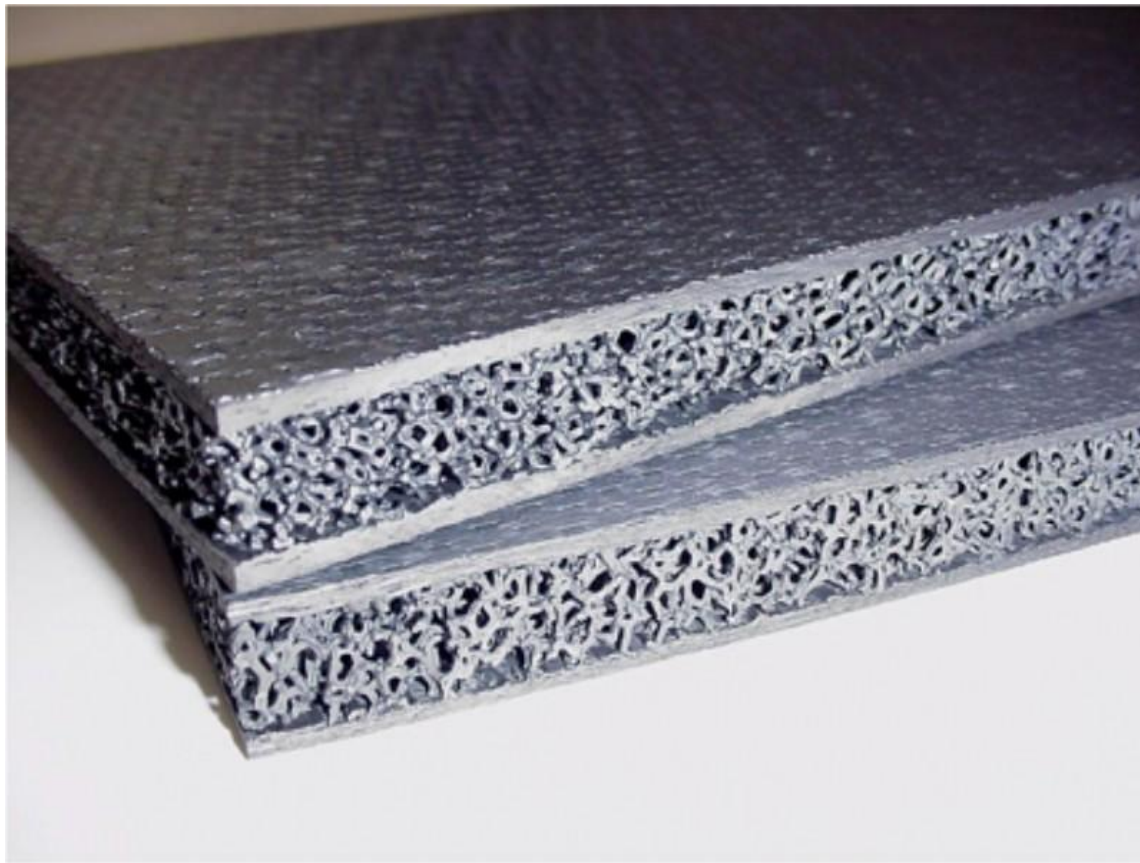
Сейчас все большую популярность приобретают композиты на основе керамики.

## 2. Роль композитов в техническом прогрессе человечества.

Относительная доля материалов, используемых человеком в процессе



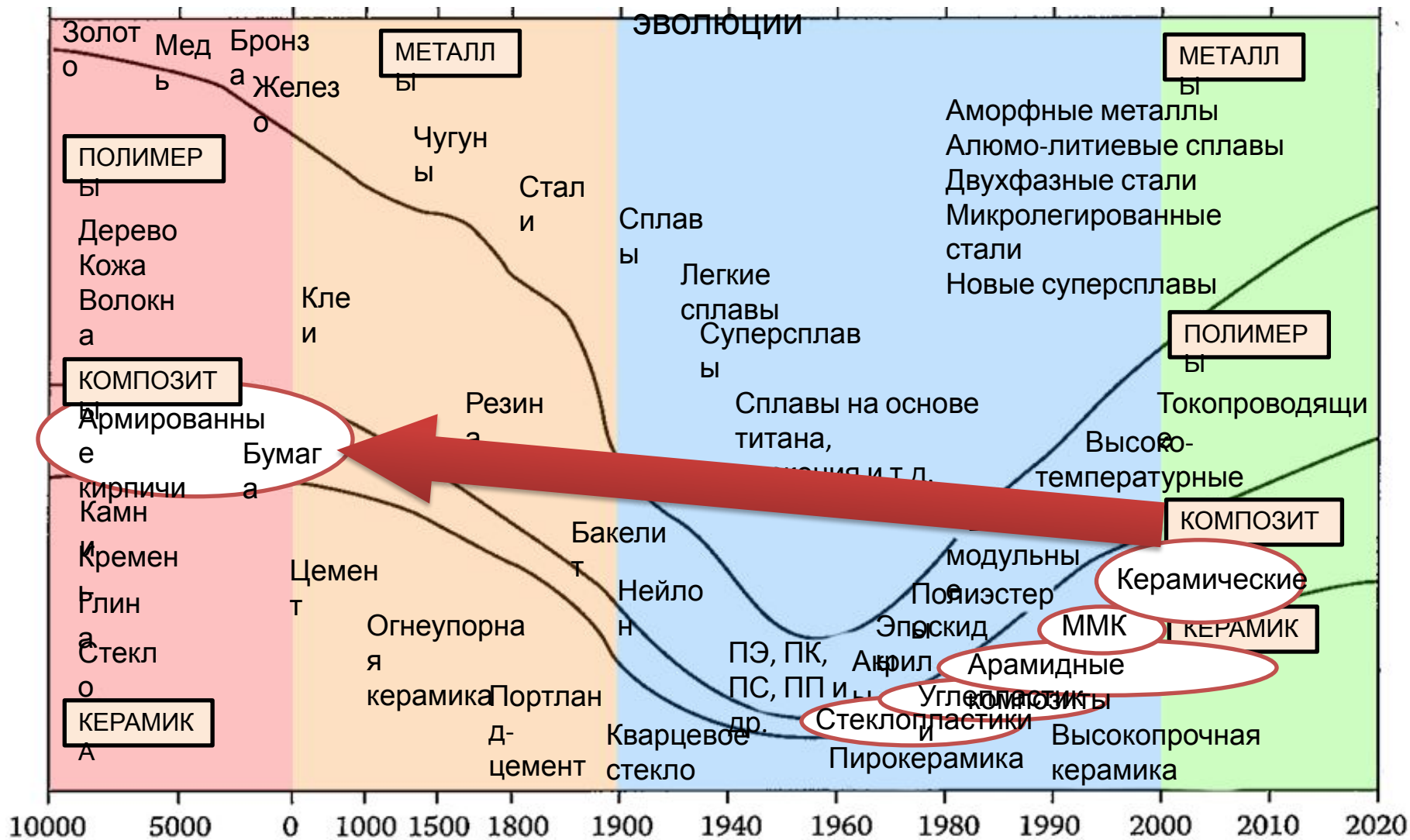
## Композиты на основе керамики



Таким образом, можно отметить, что востребованность композитов в современном мире стремительно растет (обратим внимание, что шкала на рисунке нелинейна). Композиты, полимеры и керамика постепенно вытесняют металлы из употребления. А история использования человеком композитов восходит к началу развития самой цивилизации.

## 2. Роль композитов в техническом прогрессе человечества.

Относительная доля материалов, используемых человеком в процессе



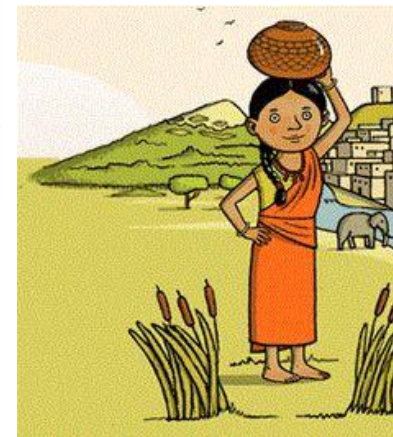
Вот несколько исторических фактов, касающихся применения композитов в древности.



### 3. Использование композитов в древности

Примеры использования композитов в древности:

- Армированные кирпичи
- Зиккурат в г. Ур
- Битумная дорога
- Армированные стены в г. Урук
- Древняя бумага
- Мумифицирование
- Монгольский лук
- Дамасская сталь
- Катана
- Древнегреческий линоторакс



1. Даже самые первые, высушенные на солнце кирпичи и гончарные изделия, появившиеся за 5000 лет до н.э., были более сложными материалами, чем это кажется с первого взгляда. Например, в глину часто добавляли измельченные камни или материалы органического происхождения, такие как солома, чтобы уменьшить ее усадку и растрескивание при обжиге. В некоторых странах Азии подобные методы используются до сих пор.

### 3. Использование композитов в древности

#### 1. Армированные кирпичи



*Строение из кирпичей, армированных соломой, датированное 3000-2000 гг. до н.э.  
(видны отверстия, в которых раньше была солома)*



*Для сравнения - современная кладка из кирпичей, армированных соломой*

Первые армированные материалы на полимерной основе использовались вавилонянами от 4000 до 2000 лет до н. э. для строительства сооружений и дорог. Это были строительные материалы на основе армированной битумной смолы.

Центром большинства месопотамских городов было ступенчатое основание, на котором возводился храм. Эта огромная конструкция, так называемый, зиккурат, была бы чрезвычайно неустойчивой из-за огромной массы и объема используемого материала, если бы строилась только из кирпичей. Поэтому строители использовали тростниковые маты для связывания кирпичей и повышения устойчивости конструкции. По существу, многие религии и философии родились за стенами городов, построенных из материала, подобного современному армированному бетону.

Существует предположение, что сохранившийся до сих пор зиккурат в Уре, построенный с использованием кирпича и битума, представляет собой основание Вавилонской башни. В Библии содержится свидетельство царя Навуходоносора о материалах, используемых в ее конструкции: «Я сделал её на удивление людей мира, я поднял её ввысь в небо...используя битум и кирпич».

### 3. Использование композитов в древности

#### 2. Зиккурат в г.

Ур

Зиккурат в г. Ур (Месопотамия, 4000 - 2000 лет до н. э.)



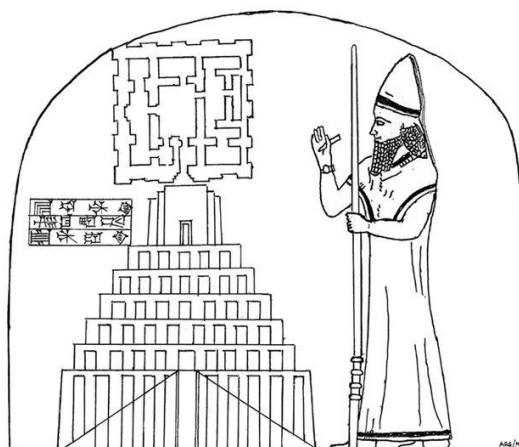
Кирпичная кладка с битумным раствором



Питер Брейгель. Вавилонская башня



Библейское свидетельство царя Навуходоносора о материалах, используемых в конструкции Вавилонской башни: «Я сделал её на удивление людей мира, я поднял её ввысь в небо...используя битум и кирпич».



На Ближнем востоке до сих пор сохранились дороги, построенные в древности на основе армированного битума. Например, древняя битумная дорога недалеко от г. Иерихон (Израиль). Кстати, армированный битум в дорожном строительстве используется до сих пор.

### 3. Использование композитов в древности

#### 3. Битумная дорога

*Древняя битумная дорога  
недалеко от Иерихона*



*Для сравнения - битумная смесь  
для строительства современной  
дороги в Непале)*

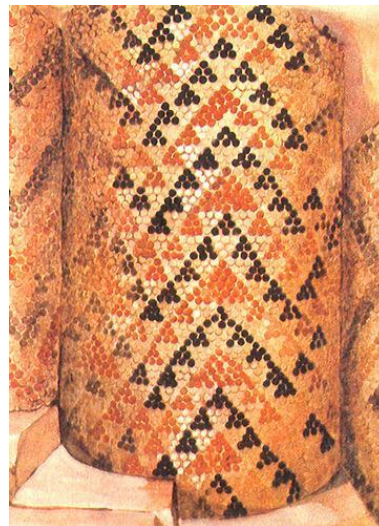


В Месопотамии около 2500 лет до н. э. проблема износа и истирания стен из необожженных кирпичей была решена созданием композитных конструкций. Конус из камня или обожженной глины забивали в мягкую поверхность стены в наиболее ответственном месте. Такая арматура защищала стены от истирания и создавала декоративный эффект.



### 3. Использование композитов в древности

#### 4. Армированные стены в г. Урук



*Раскопки древнего г. Урук (Месопотамия 3 000 до н.э.)*

В Египте примерно в это же время стали получать листы, подобные бумаге, представляющие собой композитный материал на основе целлюлозы, которые изготавливались путем выкладки и сбивания листов тростника или папируса с помощью специальных молотков. Приблизительно на 3000 позже, в 105 г. н. э., в древнем Китае появилась бумага, которую делали из коры тутового дерева и волокон конопли.

### 3. Использование композитов в древности

#### 5. Древняя бумага

Древнеегипетская папирусовая бумага (3 000 до н.э.)



Тростник



Папирус

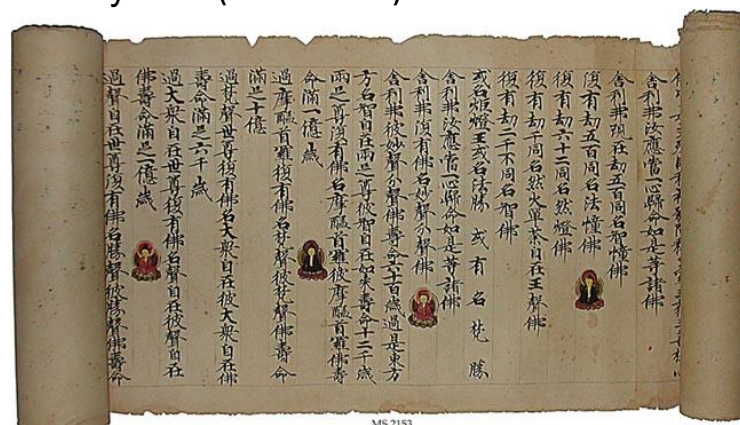


Процесс сбивания волокон

### 3. Использование композитов в древности

#### 5. Древняя бумага

Образцы древнекитайской бумаги (105 г. н. э.)



Кора тутового дерева



Конопляные волокна



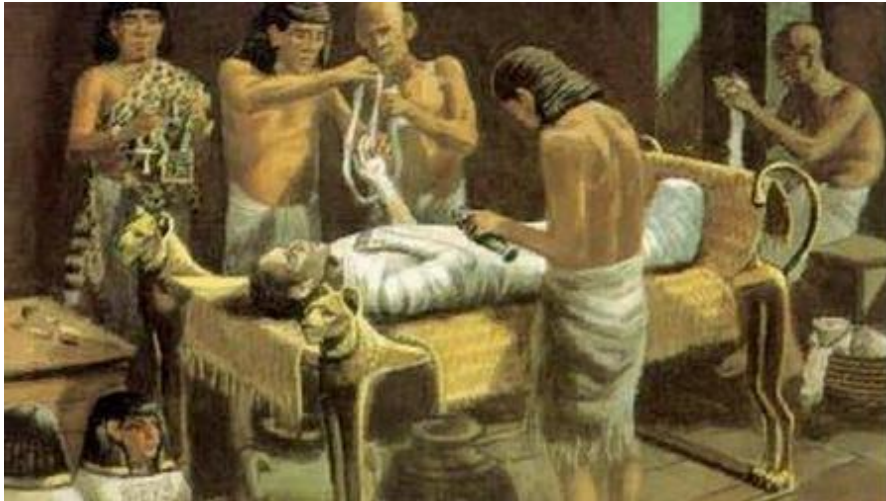
Сбивание волокон



Искусство мумифицирования, распространенное в Египте также около 2500 лет до н.э., является первым примером использования метода ленточной намотки. Тело после соответствующей обработки обматывали лентой из ткани и пропитывали природной смолой с образованием жесткого кокона. Очевидно, что хотя материалы и различны, процесс, в принципе, аналогичен процессу изготовления намоткой современных корпусов ракетных двигателей, антенных обтекателей, емкостей, труб и сосудов давления.

### 3. Использование композитов в древности

#### 6. Мумифицирование



*Процесс мумифицирования*



*Для сравнения – намотка на оправку*



*Современные изделия, полученные намоткой*

В Западной Азии и Китае в это же время делали луки из композитного материала на основе древесины и слоев рога. Такая конструкция небольшого, но достаточно мощного лука наиболее подходила для стрельбы с колесниц или для конницы. Имеются сведения, что монгольские луки изготавливались из большого количества различных материалов.

В конструкцию лука входили:

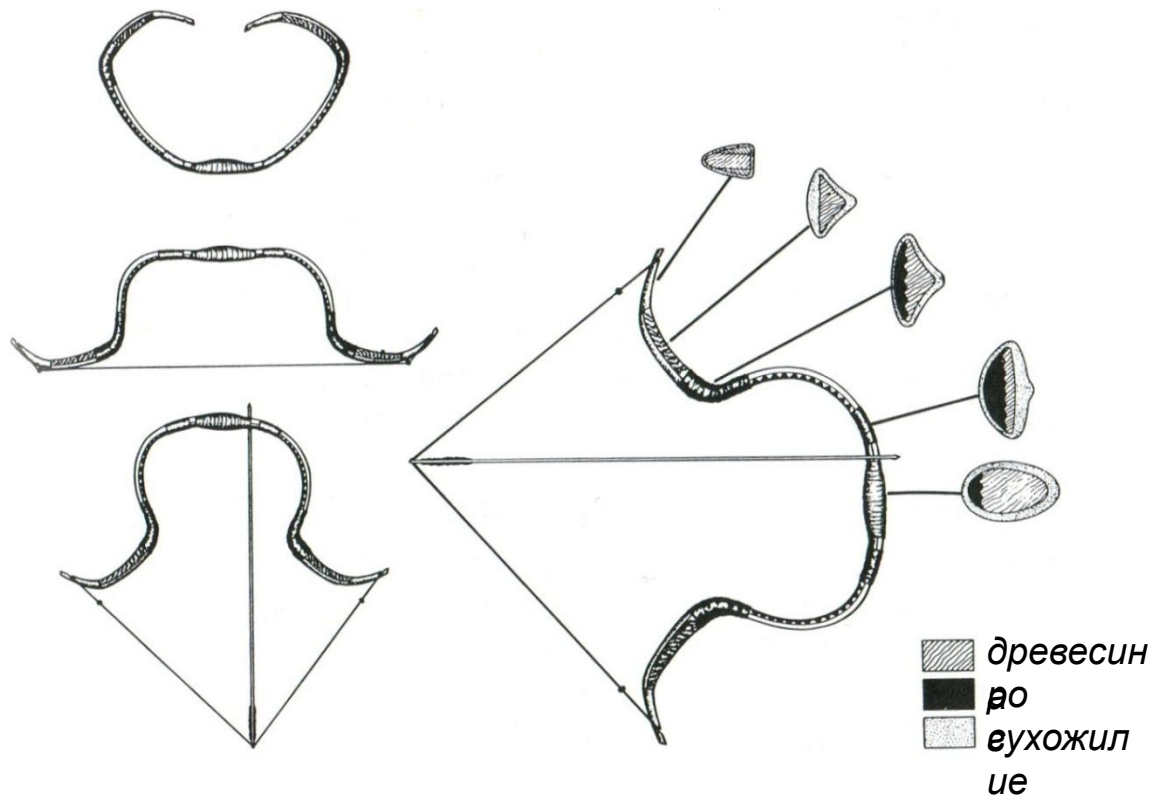
- несколько слоев древесины (береза или бамбук)
- накладки на внутренней стороне, в состав которых входили древесина, а также рога и кожа животных
- сухожилия животных или шелк
- рыбий или животный клей

### 3. Использование композитов в древности

#### 7. Монгольский лук



Монгольский лук





Средняя Азия издревле славилась своими клинками из так называемой дамасской стали, которая образуется при многократной перековке как правило витого стального пакета, состоящего из сталей с различным содержанием углерода. Благодаря этому на поверхности клинка появляется специфический узор. Мягкие железные слои не дают металлу быть слишком хрупким, а высокоуглеродистые слои обеспечивают клинок необходимой прочностью, жесткостью и остротой.

### 3. Использование композитов в древности

#### 8. Дамасская сталь



Другой пример – это самурайский меч катана, острый и при этом прочный, появившийся в средневековой Японии в XV веке. Меч представляет собой многослойную конструкцию - сочетание жесткого лезвия и эластичной основы придает металлу катаны чрезвычайную пластичность и одновременно долговременную остроту.

В традиционной технике внутренний слой изготавливается из низкоуглеродистой стали и покрывается твердой высокоуглеродистой сталью, которая образует верхний слой: кузнец складывает U-образно длинный узкий брусок твердой стали и вваривает в него брусок из мягкой стали. Из полученного комбинированного бруска выковывается заготовка меча, причем закрытая сторона «U» впоследствии станет лезвием. Такая комбинированная заготовка больше не подвергается складыванию.

### 3. Использование композитов в древности

#### 9. Катана



Линоторакс - это древнегреческий панцирь, состоящий из нескольких слоёв льняной ткани, склеенных вместе. Подобные панцири использовались ещё с микенского периода, а с конца VI века до н. э. они стали стандартным доспехом тяжело вооружённых пеших воинов Древней Греции. По сравнению с бронзовыми панцирями линотораксы были легче, дешевле и в меньшей степени стесняли движения, давая при этом хорошую степень защиты.

## ВВЕДЕНИЕ В ПРЕДМЕТ.

### 3. Использование композитов в древности

#### 10. Древнегреческий линоторакс



*Мозаика. Александр Македонский в линотораксе во время сражения в Персии*