

# Текстильное материаловедение

## Тема 2

### Текстильные волокна

# Перечень вопросов, рассматриваемых в теме 2

- Тема 2 включает следующие подтемы:
  - 2.1 Определение термина «Текстильное волокно»*
  - 2.2 Классификация текстильных волокон*
  - 2.3 Строение текстильных волокон.*
  - 2.4 Свойства текстильных волокон*
  - 2.5 Натуральные волокна: получение, строение, свойства и применение*
  - 2.6 Общие принципы получения химических волокон. Модификация текстильных волокон*
  - 2.7 Особенности получения, строение и свойства основных видов химических волокон.*
  - 2.8 Химические волокна нового поколения.*



## 2.1. Определение термина «Текстильное волокно»

---

**Текстильное волокно** - это протяжённое тело, характеризующиеся гибкостью, тониной и пригодное для изготовления нитей и текстильных изделий.

Волокна принято подразделять на:

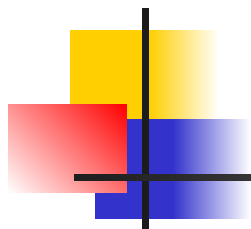
*-элементарные*

*-технические (комплексные)*

**Элементарное волокно** представляет собой единичное неделимое текстильное волокно (хлопок, шерсть).

**Комплексное (техническое) волокно** состоит из продольно скрепленных элементарных волокон (лен, пенька, джут, рами).

## 2.2 Классификация текстильных волокон



В зависимости от происхождения все волокна делят на:

- *натуральные*

- *химические.*

**Натуральные волокна** образуются в природе без непосредственного участия человека, они могут быть растительного (целлюлозные), животного (белковые) и минерального происхождения.

**Химические волокна** – это волокна, создаваемые в заводских условиях путём формования из природных или синтетических высокомолекулярных соединений (ВМС). Делятся на органические и неорганические (минеральные). Органические химические волокна подразделяются на *искусственные и синтетические.*

**Искусственные** волокна получают *из природных ВМС.*

**Синтетические** волокна - *из синтетических ВМС*, т. е. которые синтезируют в заводских условиях из природных низкомолекулярных соединений (НМС).

К неорганическим химическим волокнам относятся стекловолокно, металлическое и другие минеральные волокна.



# Классификация синтетических волокон

---

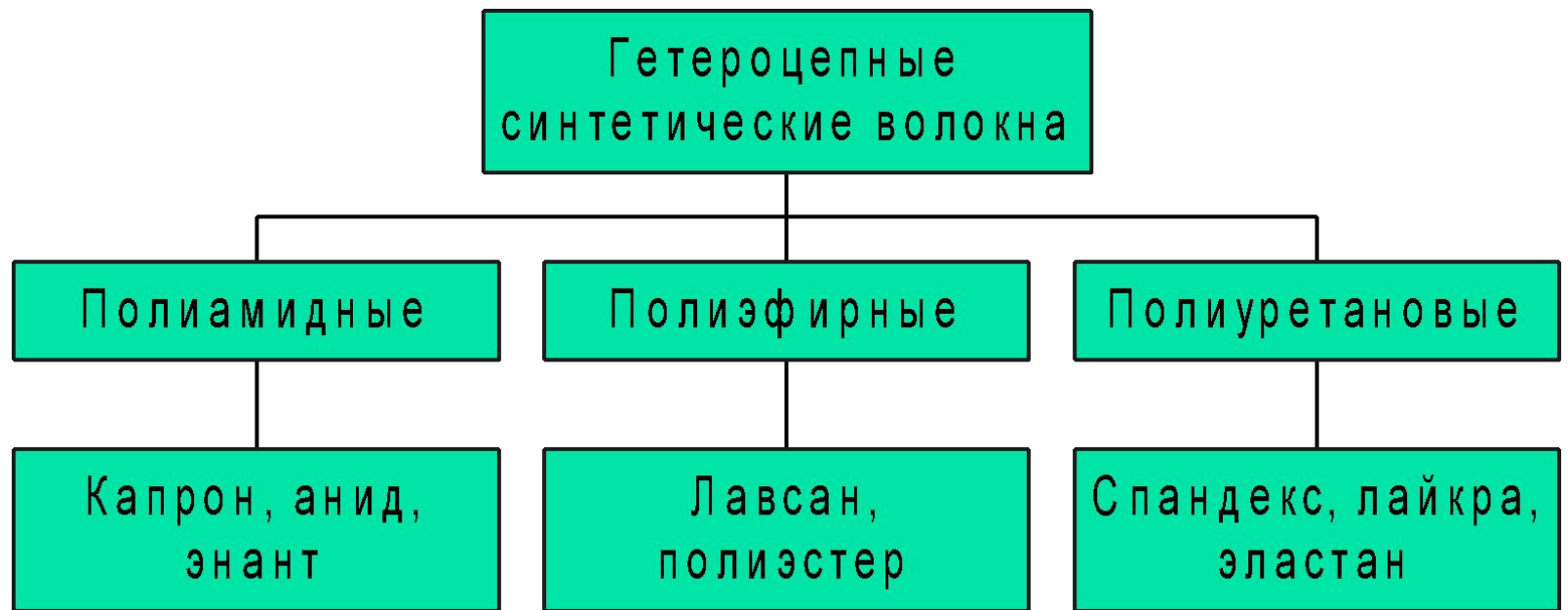
Синтетические волокна подразделяют на :

- *гетероцепные*
- *карбоцепные*

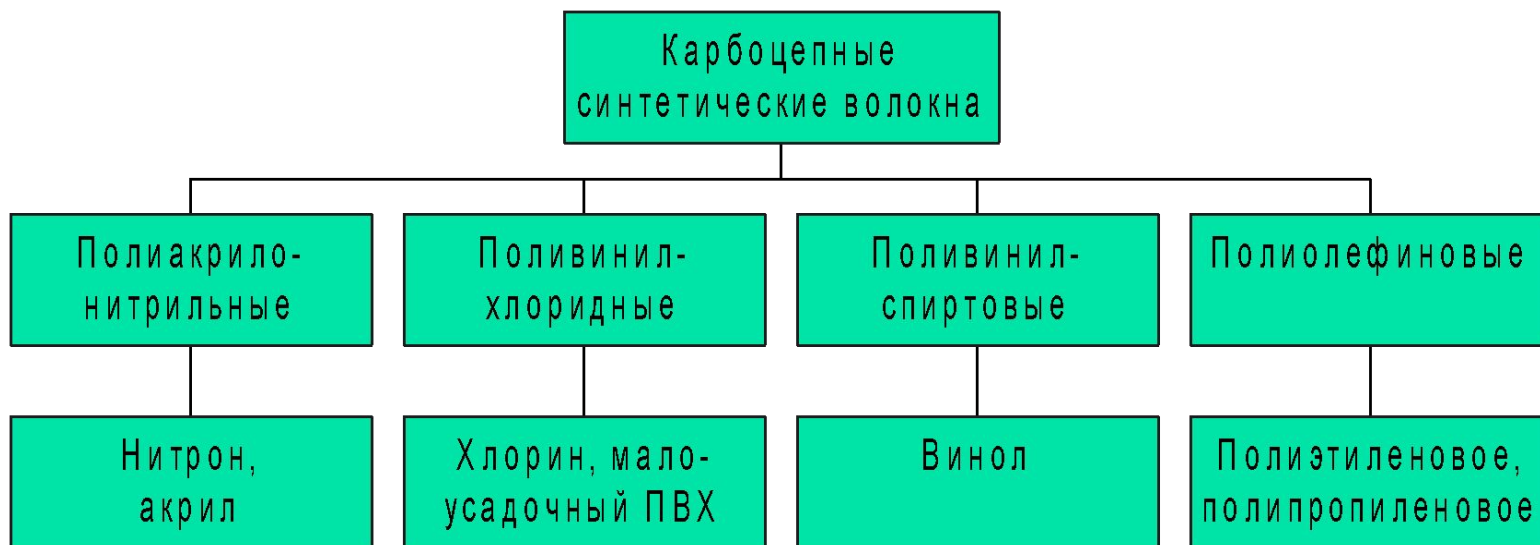
**Гетероцепные волокна** образуются из полимеров , в основной цепи макромолекул которых, кроме атомов углерода содержатся атомы других химических элементов (кислорода , азота, и т.п.).

**Карбоцепные волокна** образуются из полимеров , в основной цепи макромолекулы которых содержатся только атомы углерода.

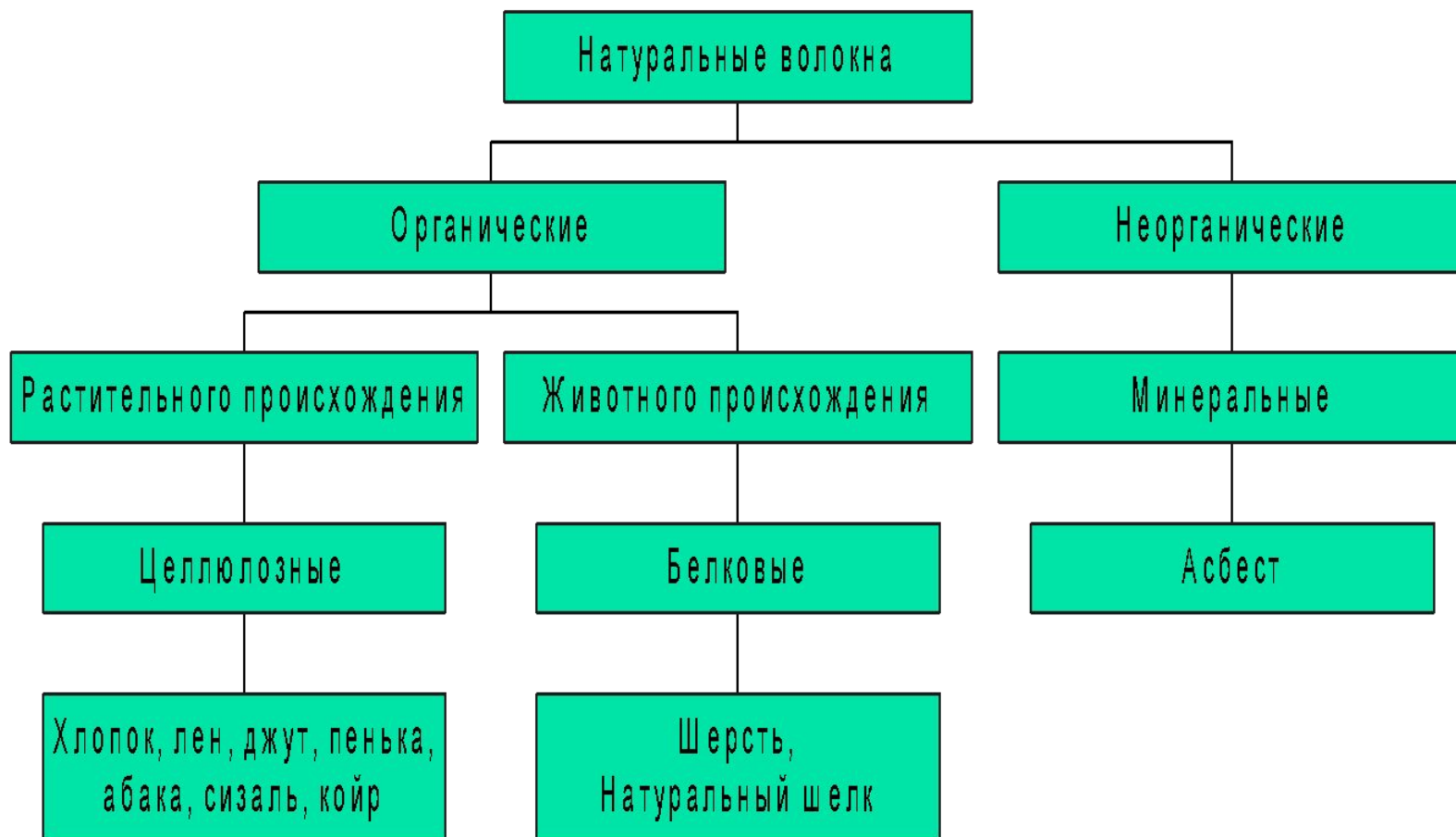
# Классификация гетероцепных синтетических волокон



# Классификация карбоцепных синтетических волокон

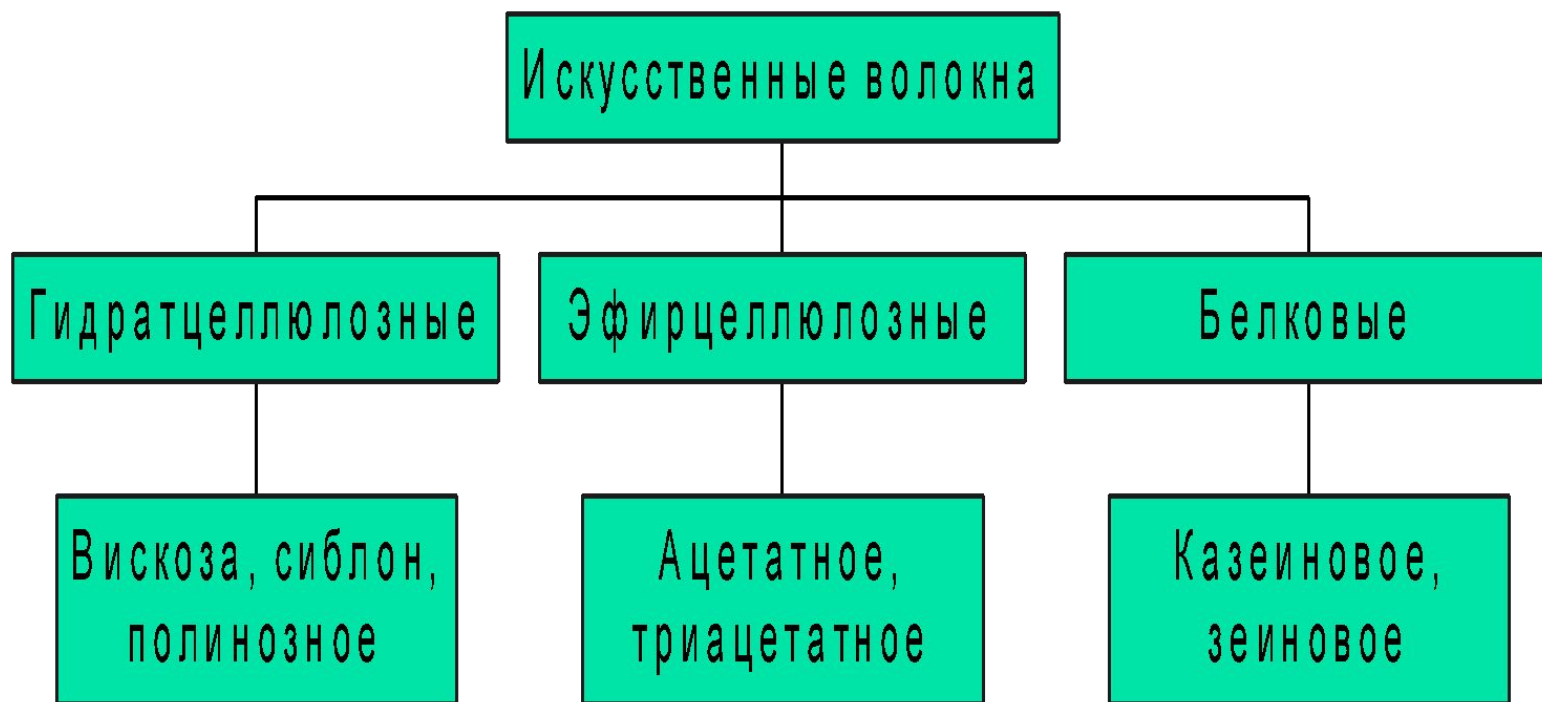


# Классификация натуральных волокон





# Классификация искусственных волокон





## 2.3 Строение текстильных волокон.

---

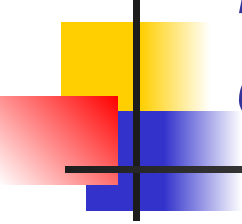
**Текстильные волокна** имеют сложное физическое строение.

Можно выделить два структурных уровня волокна:

*-Молекулярная структура*

*-Надмолекулярная структура*

Особенности молекулярной и надмолекулярной структур определяют основные свойства волокон, их прочность, способность к поглощению паров, газов, жидкостей, окрашиванию, их упругость, растяжимость и другие.



# *Молекулярная и надмолекулярная структура волокна*

---

***Молекулярная структура*** волокна определяется строением самой макромолекулы волокнообразующего полимера. Структура макромолекулы может быть линейной, зигзагообразной, циклоцепной, разветвленной, сетчатой и др. Макромолекулы большинства ВМС, образующих текстильные волокна, в основном имеют линейную структуру, а в шерсти – форму пространственной сетки.

***Надмолекулярная структура*** волокна определяется взаимным расположением макромолекул и их комплексов. Для текстильных волокон характерна фибриллярная структура.



## 2.4 Свойства текстильных волокон

---

Свойства текстильных волокон можно разделить на:

- **геометрические** (длина, толщина)
- **механические** (разрывная нагрузка, разрывное удлинение, полная деформация и ее составные части)
- **физические** (гигроскопические, тепловые свойства, светостойкость и др.)
- **химические** (устойчивость к действию кислот, щелочей, органических растворителей).

# *Геометрические свойства*

*Геометрические свойства волокон определяют выбор системы прядения, толщину и прочность получаемой пряжи.*

Включают в себя:

- **Толщину волокон**
- **Длину волокон**

**Толщина волокон** характеризуется **прямыми** (диаметр поперечного сечения  $d_{усл}$  и  $d_p$ , мм, и площадь поперечного сечения  $S$ , мм<sup>2</sup>) и **косвенными характеристиками** (линейная плотность, метрический номер).

**-Линейная плотность**,  $T$ , [текс] – характеризуется массой, приходящейся на единицу длины волокна.  
 $T = \frac{m}{L}$  где  $m$  – масса, г       $L$  – длина, км.

**-Метрический номер**,  $N_m$ , [м/г] - величина, обратная линейной плотности. Чем выше  $N_m$ , тем тоньше волокно. Соотношение между линейной плотностью  $T$  и метрическим номером  $N_m$  устанавливается формулой:

$$N_m * T = 1000; \quad N_m = \frac{1000}{T}$$

Соотношение между прямыми и косвенными характеристиками выражаются следующими формулами:

$$d_{усл} = 0,0357 \sqrt{\frac{T}{\gamma}} \quad d_p = 0,0357 \sqrt{\frac{T}{\delta}}$$

где  $\gamma$  - плотность вещества волокна, мг/мм<sup>3</sup>

$\delta$  – объемная масса волокна, мг/мм<sup>3</sup>.

**Длина волокон** характеризуется длиной, высотой и протяженностью волокна.

**-Длина волокна,  $L$ , [мм]** – расстояние между концами распрямленного волокна.

**-Высота волокна,  $H$ , [мм]** – расстояние между концами нераспрямленного волокна.

**-Протяженность волокна (распрямленность)** – отношение высоты  $H$  к длине  $L$  волокна.

# Механические свойства

Механические свойства характеризуют способность волокон сопротивляться действию внешних сил.

**При полном разрушении волокна** определяют:

**-разрывную нагрузку**

**-разрывное удлинение**

**Разрывная нагрузка**  $P_r$ , [мН], [сН] – наибольшее усилие, которое выдерживает волокно при растяжении до разрыва.

**Разрывное удлинение** – приращение длины волокна к моменту разрыва. Различают абсолютное разрывное удлинение,  $l_p$ , [мм] и относительное разрывное удлинение,  $\varepsilon_r$ , [%]:

$$l_p = L_k - L_0$$

$$\varepsilon_r = 100 l_p / L_0,$$

где  $L_k$  – длина волокна к моменту разрыва

$L_0$  – начальная длина волокна



**При приложении нагрузок, меньше разрывных определяют полную деформацию и ее составные части.**

**Полная деформация**

$$\varepsilon_{\text{пол}} = \frac{L_{\kappa} - L_0}{L_0} * 100 \quad , \quad \text{где}$$

$L_{\kappa}$  - длина волокна к моменту разгрузки

$\varepsilon_{\text{пол}}$  складывается из упругой, эластической и пластической деформаций.

**Упругая деформация**  $\varepsilon_y$ , % - мгновенно исчезающая (со скоростью звука – 1500-2500 м/с) после снятия нагрузки деформация.

**Эластичная деформация**  $\varepsilon_{\varepsilon}$ , % - постепенно исчезающая после снятия нагрузки деформация (за время отдыха).

**Пластическая деформация**  $\varepsilon_n$ , % - не исчезающая после снятия нагрузки деформация (даже после длительного отдыха).

$$\varepsilon_{\text{пол}} = \varepsilon_y + \varepsilon_{\varepsilon} + \varepsilon_n$$

## *Физические свойства волокон*

Физические свойства характеризуют способность волокон:

- *к поглощению водяных паров, газов, жидкостей,*
- *светостойкость,*
- *тепловые,*
- *электрические,*
- *акустические*
- *и другие свойства.*

*Важнейшими характеристиками способности волокон к поглощению водяных паров являются следующие:*

**-Фактическая влажность,  $W_{\phi}$ , %** - показывает, какая часть массы волокна приходится на массу влаги, содержащейся в волокне, при данной фактической влажности воздуха.

**-Гигроскопичность,  $W_{Г}$ , % (max влажность)** – влажность волокна при относительной влажности воздуха  $\varphi$ , равно 100%, и температуре воздуха 20оС.

**-Нормальная влажность,  $W_{н}$ , %** - влажность волокна при относительной влажности воздуха  $\varphi$ , равной 65%, и температуре воздуха 20оС.

**-Кондиционная влажность,  $W_{к}$ , %** - условно установленная, постоянная для данного вида волокна влажность, близкая к нормальной.

## *Тепловые свойства волокон определяют их поведение в условиях пониженных или повышенных температур:*

**-Морозостойкость** характеризуется температурой, ниже которой наблюдается резкое ухудшение свойств волокон.

**-Теплостойкость** – характеризуется максимальной температурой, выше которой наблюдается резкое ухудшение основных свойств волокон.

**-Термостойкость** – характеризуется температурой, при которой происходит термическая деструкция полимера (разрушение).

**-По огнестойкости** волокна резко отличаются. Асбестовые и стеклянные волокна не горят, а только плавятся при температуре выше 1000оС. Шерсть, шелк, ацетатные, капроновые, лавсановые и нитроновые волокна горят лишь в пламени. Хлопковые, льняные, вискозные и медно-аммиачные волокна сгорают очень быстро как в пламени, так и вне его.

**Светостойкость** волокон зависит от их химической природы. Все волокна (кроме минеральных) разрушаются под действием света, кислорода, влаги и т.д. вследствие фотохимического распада (деструкции) основного вещества.

## *Химические свойства волокон*

*К химическим свойствам волокон относятся прежде всего водостойкость и хемостойкость.*

**-Водостойкость** волокон характеризуется их стойкостью к действию воды. Молекулы воды могут поглощаться поверхностью волокна, проникать в пространство между макромолекулами полимеров или химически связываться с ними.

**-Хемостойкость** волокон характеризуется их стойкостью к действию различных химических реагентов: кислот, щелочей, окислителей, восстановителей и органических растворителей.



## *2.5 Натуральные волокна: получение, строение, свойства и применение*

---

Натуральные волокна образуются в природе без участия человека и могут быть органическими: растительного и животного происхождения, и неорганическими, т.е. минеральными. Натуральные волокна растительного происхождения получают из семян (хлопок), а также из стеблей, листьев и плодов растений (лубяные волокна). Натуральные волокна животного происхождения получают из волосяного покрова животных (шерсть овечья, верблюжья, козья), или они представляют собой выделения желез насекомых – гусениц тутового или дубового шелкопрядов (натуральный шелк).

Неорганические минеральные волокна (асбест) залегают в горных породах в виде волокнистой массы, способной разделяться на отдельные волокна.

# Хлопок



## Получение хлопка

---

Хлопком называют волокна, растущие на поверхности семян растения хлопчатника, относящегося к семейству мальвовых. Различают следующие виды хлопчатника:

*-коротковолокнистый*

*-средневолокнистый (волосистый)*

*-тонковолокнистый.*

Коротковолокнистый хлопчатник даёт наиболее короткое волокно – менее 26 мм, которое в текстильной промышленности практически не используется.

Промышленное значение имеют средневолокнистый и тонковолокнистый.

Средневолокнистый хлопчатник даёт волокно со средней длиной 30-35 мм. Он созревает через 130 – 140 дней со дня посева и является наиболее урожайным.

Тонковолокнистый хлопчатник имеет более длительный период созревания и требует более благоприятных климатических условий, а также является менее урожайным по сравнению со средневолокнистым хлопчатником. Но он даёт самое длинное, 35 – 45 мм, и более тонкое и прочное волокно, которое применяется для выработки наиболее высококачественной пряжи и изделий из неё.

## Строение хлопка

Строение хлопкового волокна зависит от степени его зрелости. Зрелость является специфическим свойством хлопкового волокна и учитывается при оценке его качества (определении сорта волокна). С увеличением степени зрелости повышается прочность волокон, их упругость, крашимаемость, улучшаются сорбционные свойства и др.



а



б



в

Строение хлопкового волокна различных степеней зрелости:  
а - перезревшее; б – зрелое; в – незрелое



## *Свойства хлопкового волокна*

**Длина и толщина волокон** зависит от сорта хлопчатника:

- Коротковолокнистый хлопок имеет длину до 26 мм
- средневолокнистый 28 – 34 мм
- тонковолокнистый 35 – 50 мм

*Тонковолокнистый хлопок* перерабатывается в тонкую и гладкую гребенную пряжу для изготовления наиболее тонких и высококачественных тканей – батиста, маркизета, гребенного сатина

*Средневолокнистый хлопок* идет на среднюю по толщине и пушистости пряжу для изготовления ситца, бязи, кардного сатина

*Из коротковолокнистого хлопка* вырабатывается толстая и пушистая пряжа для байки, фланели и бумазеи. Наиболее короткие (до 20 мм) волокна – хлопковый подпушек

## Механические свойства

**Прочность и удлинение волокон** зависят от степени их зрелости, так как по мере вызревания хлопка происходит спиральное отложение молекул целлюлозы на стенках волокна, и зрелые волокна приобретают спиральную извитость. Доля пластической деформации в полном удлинении составляет 50%, поэтому хлопчатобумажные ткани сильно сминаются.

**Гигроскопичность хлопка** с увеличением влажности увеличивается и при 100 %-й относительной влажности воздуха составляет около 20%. Хлопок обладает способностью быстро впитывать влагу и быстро ее испарять, т.е. быстро высыхает. При погружении в воду волокна набухают и их прочность увеличивается на 10 – 20%.

# Химические свойства хлопка

Хлопок устойчив к действию щелочей, но разрушается даже разбавленными кислотами. При длительном действии кислот волокна полностью теряют прочность. Концентрированная серная кислота обугливает волокна.

На способности хлопка набухать в холодных едких щелочах и повышать при этом прочность, окрашиваемость и приобретать шелковистость и блеск, основано проведение специальной операции отделки – мерсеризации. Горячие едкие щелочи при действии на хлопок вызывают окисление и деструкцию целлюлозы, поэтому волокна теряют прочность.

На способности хлопка растворяться в медно – аммиачном реактиве (растворе гидроокиси меди в нашатырном спирте) основано получение медно – аммиачного волокна.

Хлопок достаточно устойчив к действию восстановителей, применяемых при крашении и отбеливании (гидросульфит, ронгалит). Под действием окислителей, используемых для отбеливания (перекись водорода, персульфаты, пербораты и др.), происходит деструкция, окисление целлюлозы и снижение прочности волокна на 20 – 25 %. Органические растворители, применяемые при химической чистке, не влияют на свойства волокон.

# **Физические свойства хлопка**

## **Светостойкость**

Под действием светопогоды хлопок, как и все органические волокна, теряет прочность. Инсоляция (солнечное облучение) в течении 940 ч снижает прочность волокон на 50%.

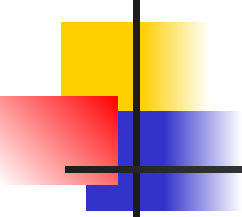
## **Тепло- и термостойкость**

При температуре более 150<sup>o</sup>C сухие волокна теряют прочность, появляется легкая желтизна, затем волокна буреют и при температуре 250<sup>o</sup>C обугливаются.

Волокна хлопка горят желтым пламенем, образуя серый пепел, ощущается запах жженой бумаги.

Благодаря наличию канала, открытого с одной стороны и относительно тонким стенкам хлопок хорошо окрашивается.

# Лубяные волокна. Лен



---

*Лубяными* называют волокна, залегающие в стеблях, листьях или оболочках плодов различных растений.

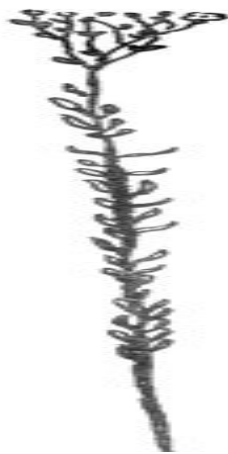
**К стеблевым лубяным волокнам** относится прежде всего **лён**.

Благодаря высокой прочности, гибкости и хорошим сорбционным свойствам, он является наиболее ценным из всех лубяных волокон. Лен используют для выработки бытовых и технических тканей, трикотажа, а также кручёных изделий.

## Получение льна

Льняные волокна получают из лубяной части стебля однолетнего травянистого растения – льна, которое требует для своего произрастания умеренного климата и достаточной влажности. Существуют различные разновидности льна культурного: лён-долгунец, лён-кудряш, лён-межеумок, лён стелющийся.

Для получения длинного, прочного волокна наиболее пригоден **лён-долгунец**, (рис.а). На его долю приходится 90% посевных площадей. **Лён-кудряш** (рис.б) высевают для получения масличных семян. Короткие и грубые волокна льна-кудряша используются, для изготовления грубых тарных и технических тканей.

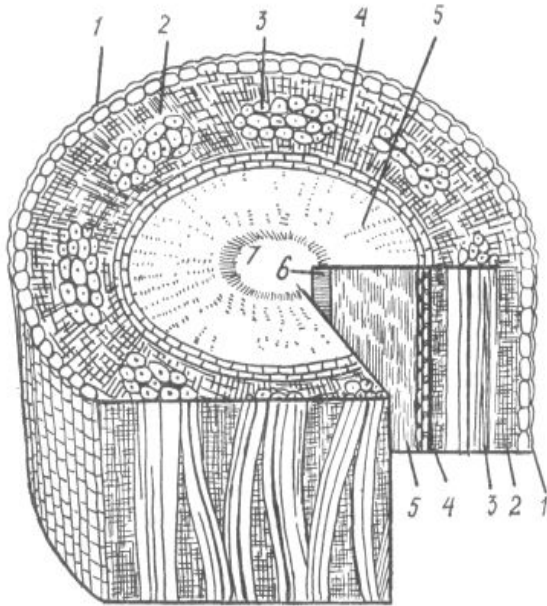


а



б

# Строение стебля льна



- 1 покровная ткань
- 2 коровая паренхима
- 3 волокна льна;
- 4 тонкий слой камбия
- 5 мощный слой древесины
- 6 сердцевина
- 7 полость стебля.

# *Свойства льняного волокна*

## **Физико-химические свойства льна:**

### **Гигроскопичность льна**

Гигроскопичность высокая, при нагревании сухие волокна льна выдерживают высокие температуры,

Лен быстро впитывает и отдает влагу. В мокром состоянии прочность элементарных волокон увеличивается, а технических уменьшается, так как размягчаются пектиновые вещества и ослабляется связь между отдельными пучками волокон.

### **Теплопроводность** высокая

### **Отбеливаются и окрашиваются** волокна льна трудно

**При кипячении в растворах СМС** волокна становятся светлее и мягче, так как происходит вымывание пектиновых веществ.

Органические растворители, применяемые при химической чистке, на лен не действуют.

**Светостойкость льна** высокая, потеря прочности на 50% происходит после инсоляции в течение 990 ч. Горит лен так же, как хлопок.



# Шерсть



## *Получение шерсти*

---

**Шерсть** – это волокно, получаемое из волосяного покрова различных животных: овец, коз, верблюдов и др.

Овечью шерсть получают от овец различных пород: тонкорунных, полутонкорунных, помесных, грубошерстных и других.

# Строение шерстяного волокна

*Основным волокнообразующим полимером шерстяного волокна является белковое вещество – кератин, на долю которого приходится около 90% массовой доли волокна*

Шерстяное волокно состоит в общем случае из трех слоев:

- чешуйчатого
- коркового
- сердцевинного.

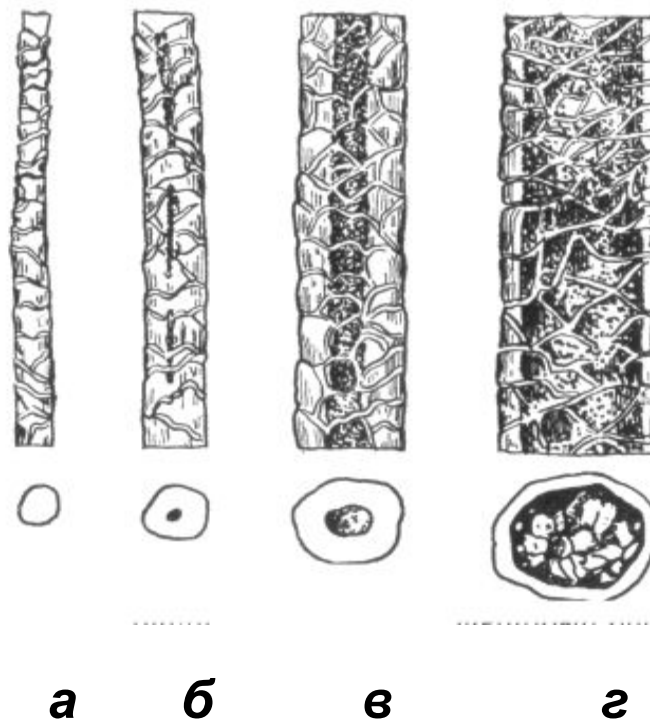
**Чешуйчатый слой** выполняет защитную функцию

**корковый слой** обеспечивает прочность волокна

**сердцевинный слой** увеличивает толщину и ломкость волокна, снижая прочность

В зависимости от толщины и строения (наличия и развитости сердцевидного слоя) различают **4 основных типа волокон овечьей шерсти:**

- Пух, (а)
- Переходный волос, (б)
- Ость, (в)
- Мертвый волос. (г)



## Пух

Тонкое извитое волокно, поперечник которого составляет 14-30 мкм, а поперечное сечение имеет близкую к круглой форму. Снаружи волокно покрыто кольцеобразными чешуйками с неровными краями, а внутри заполнено корковым слоем. Последний состоит из веретенообразных клеток фибриллярной структуры длиной 80-90 мкм и поперечником 4-6 мкм. Клетки расположены вдоль оси волокон и склеены межклеточным веществом, которое при химических воздействиях на шерстяное волокно распадается раньше, чем кератин веретенообразных клеток.

## Ость

Значительно толще и грубее пуха, почти не имеет извитости, поперечник составляет 40-60 мкм. Помимо пластинчатых чешуек, покрывающих ость снаружи, и коркового слоя здесь имеется еще по всей длине сердцевинный слой, который состоит из рыхлых тонкостенных клеток, заполненных пузырьками воздуха.

Сердцевидный слой, не повышая прочности, способствует лишь повышению толщины волокна, т. е. ухудшению его качества.

## **Переходный волос**

Занимает по толщине промежуточное положение между пухом и остью и имеет прерывистый сердцевинный слой.

## **Мертвый волос**

Грубое неизвитое волокно с поперечником 80 мкм и больше. Волокно это покрыто крупными пластинчатыми чешуйками и имеет узкое кольцо коркового слоя и очень большую сердцевину. Форма поперечного сечения чаще всего сплюснутая, неправильная. Мертвый волос – жесткое, ломкое волокно с малой прочностью и плохой способностью окрашиваться.

## *Виды шерсти*

Шерсть, состоящая из волокон одного вида (пуха или переходного волоса) называется *однородной*,

Шерсть содержащая волокна всех видов - *неоднородной*.

Чем больше в неоднородной шерсти пуха и меньше мертвого волоса, тем лучше ее качество.

В зависимости от толщины волокон и однородности шерсть делится на:

*-тонкую*

*-полутонкую*

*-полугрубую*

*-грубую.*

**Тонкая шерсть** состоит только из пуховых волокон, равномерных по толщине, длине, извитых, с поперечным размером 14-25 мкм.

**Полутонкая и полугрубая шерсть** состоит из переходных и пуховых волокон. Средний поперечный размер полутонкой шерсти 25-31 мкм, полугрубой 31-40 мкм. Длина полутонкой и полугрубой шерсти несколько больше, чем тонкой шерсти.

Средний поперечный размер **неоднородной полугрубой шерсти** 24-38 мкм

Средний размер **неоднородной грубой шерсти** 38,1-45 мкм и выше.

# Свойства шерстяного волокна

**Прочность шерсти** в значительной степени зависит от ее строения.

Относительная разрывная нагрузка и износостойкость тонкой шерсти выше, чем грубой.

**Удлинение волокон** включает значительную долю упругой и высокоэластической деформации, благодаря которой шерстяные ткани мало сминаются.

**Блеск шерсти** определяется формой и размером покрывающих ее чешуек: крупные плоские чешуйки придают шерсти максимальный блеск; мелкие, сильно отстающие чешуйки делают ее матовой.

**Свойлачиваемость шерсти** ее способность в процессе валки образовывать войлокообразный застил, зависит от ее толщины, строения и извитости.

Наибольшую свойлачиваемость имеет тонкая сильно извитая шерсть.

**Гигроскопичность шерсти** превосходит все волокна. Она медленно впитывает и испаряет влагу и поэтому не охлаждается. Под действием влаги и тепла кератин размягчается, и удлинение шерсти возрастает. На способности шерсти менять свою растяжимость и усадку при влажно-тепловой обработке основано проведение ряда операций: сутюживание, оттягивание и декатировка. При высыхании шерсть дает максимальную усадку, поэтому изделия из нее рекомендуется подвергать химической чистке.



## **Химические свойства шерстяного волокна.**

Шерсть устойчива к действию всех органических растворителей, применяемых для химической чистки.

Шерсть вступает во взаимодействие как с кислотами, так и со щелочами, т.е. обладает **амфотерными** свойствами.

Разбавленные щелочи растворяют шерсть, а разбавленные кислоты упрочняют.

Шерсть растворяется при кипячении уже в 2 %-м растворе едкого натра.

Концентрированные кислоты разрушают волокна: азотная вызывает пожелтение, серная – обугливание.

Восстановители и окислители снижают прочность шерсти.

**Светостойкость шерсти** превосходит все натуральные волокна.

В пламени волокна шерсти спекаются, но при вынесении из пламени не горят, образуя на конце волокон спекшийся черный шарик, который легко растирается, при этом ощущается запах жженого пера.

# Натуральный шелк



---

## Получение, строение и химический состав шелка

Шелком называют тонкие непрерывные нити, выпускаемые гусеницами шелкопрядов: тутового и дубового, при завивке кокона перед окукливанием. Промышленное значение имеет шелк одомашненного тутового шелкопряда, гусениц которого выкармливают листьями тутового дерева (шелковицей). Коконная нить имеет длину от 500 до 1500 м.

Основной волокнообразующий полимер шелка – **фиброин**.

**Коконная нить** состоит из двух шелковин, склеенных между собой природным клеем – **серицином**. В поперечнике шелковины имеют форму треугольника со скругленными углами.

# Свойства натурального шелка

**Линейная плотность** коконной нити колеблется от 0,5 до 0,18 текс. Поперечник одной шелковины в среднем 16 мкм, а коконной нити - 32 мкм. Шелк-сырец выпускается линейной плотностью 1,56 и 2,33 текс.

**Длина коконной нити** до 1500 м, а размотанной нити – 600 - 900 м.

**Относительная разрывная нагрузка** коконной нити несколько меньше, чем хлопка, разрывное удлинение в 2 - 2,5 раза больше.

**Доля упругой деформации** в полном удлинении составляет 60 %, поэтому ткани из натурального шелка мало сминаются. Цвет отваренных коконных нитей слегка кремоватый. Натуральный шелк химически стоек, он растворяется только в концентрированных щелочах при кипячении. Разбавленные щелочи и кислоты, органические растворители, применяемые при химической чистке, на натуральный шелк не действуют. При кипячении в мыльно-содовых растворах серицин растворяется, а фиброин остается. При длительном действии воды и при повторных стирках на окрашенных волокнах возникает белесый налет, который портит внешний вид изделий. Некоторое оживление окраски и повышение блеска может быть достигнуто полосканием в разбавленном растворе уксусной кислоты.

**Прочность** натурального шелка в мокром состоянии снижается на 5—15 %. Для увеличения драпирующей способности тканей при меньшей затрате сырья производится утяжеление натурального шелка (до 40 %).

**Утяжеление** основано на способности натурального шелка поглощать и удерживать различные вещества. Применяется несколько способов утяжеления: пропитывание солями металлов или растительными дубителями, сохранение серицина, обработка суспензией бетанитовой глины и др.

Нагревание сухих волокон до температуры, превышающей 110°C, приводит к потере прочности.

**Светостойкость** натуральный шелк уступает всем прочим натуральным волокнам. Инсоляция в течение 200 ч снижает прочность волокон на 50 %. Горение волокна происходит аналогично горению шерсти.

## 2.6 Общие принципы получения химических волокон. Модификация текстильных волокон

### *Основные этапы получения химических волокон и нитей.*

Современные способы формования нитей заключаются в продавливании исходных растворов или расплавов полимеров через тончайшие отверстия фильер.

Схема производства химических волокон и нитей состоит из основных этапов.

- 1. Приготовление прядильного раствора или расплава*
- 2. Формование нитей*
- 3. Получения и предварительная обработка сырья*
- 4. Отделка*
- 5. Текстильная переработка*

## *Характеристика 1 этапа «Получение и предварительная обработка сырья»*

Сырьем для производства искусственных волокон служат древесная целлюлоза, отходы хлопка, стекло, металлы и др. Предварительная обработка сырья для получения искусственных волокон состоит в его очистке или химическом превращении в новые полимерные соединения.

Исходным сырьем для получения сырья при производстве синтетических волокон являются природный газ, продукты нефтепереработки и переработки каменного угля.

В основе искусственных волокон лежат природные полимеры, того же или измененного химического состава, что и у исходного сырья.

Волокнообразующие полимеры синтетических волокон получают из исходного сырья в результате реакции синтеза (полимеризации или поликонденсации). Таких полимеров в природе в готовом виде не существует.

## ***Характеристика 2 этапа « Приготовление прядильного раствора или расплава»***

Твердый полимер переводят в жидкое (растворение) или размягченное состояние (расплавление).

Из растворов получают искусственные волокна и некоторые синтетические – ПАН, ПВС, ПВХ, ПУ.

Из расплавов получают синтетические гетероцепные (ПА, ПЭ) и карбоцепные (полиолефиновые) волокна.

**Приготовление прядильного раствора или расплава проходит в несколько стадий:**

- растворение или расплавление полимера с целью получения растворов (расплавов) нужной вязкости и концентрации;*
- смешивание полимеров из различных партий для получения однородных полимеров;*
- фильтрация с целью удаления механических примесей или нерастворенных частиц полимера;*
- обезвоздушивание с целью удаления пузырьков воздуха, способных оборвать нить при прохождении раствора (расплава) через отверстия фильер.*

## *Характеристика 3 этапа «Формование нитей»*

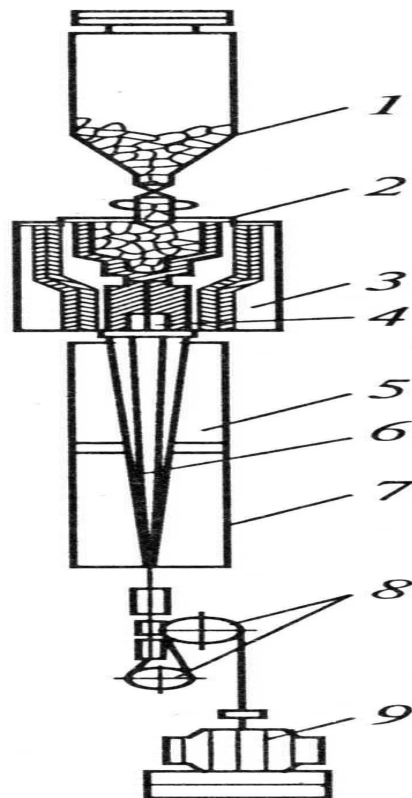
Этап формования нитей является очень важным. На этом этапе формируется первичная надмолекулярная структура волокна – из макромолекул образуются фибриллы и микрофибриллы. Они слабо ориентированы, поэтому необходима последующая перестройка первичной структуры волокна.

Различают *три способа формования* нитей:

- *из расплава*
- *из раствора сухим способом*
- *из раствора мокрым способом*

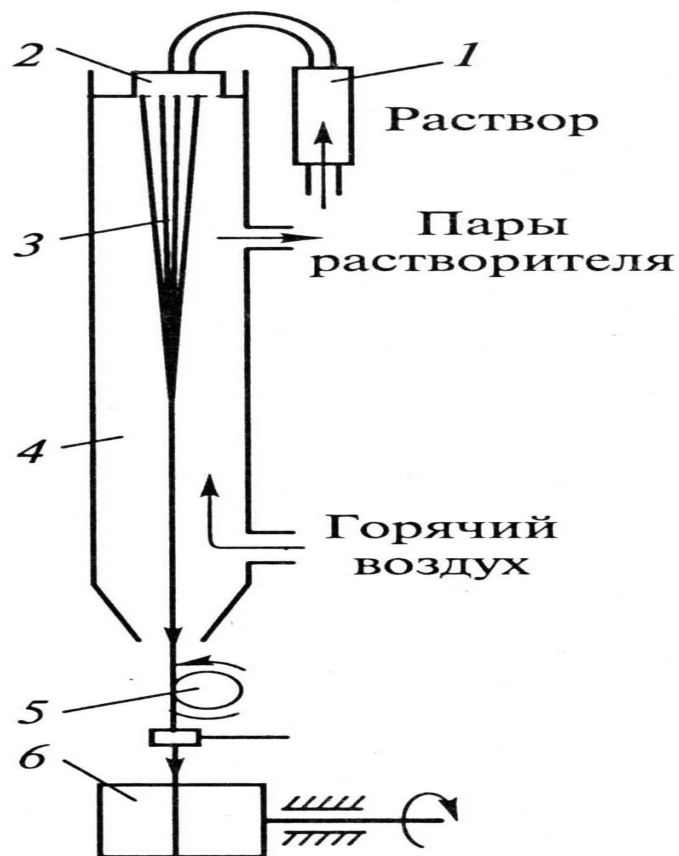


**При формировании из расплава струйки нитей, вытекающие из фильера, охлаждаются в обдувочной шахте струей воздуха или инертного газа.**



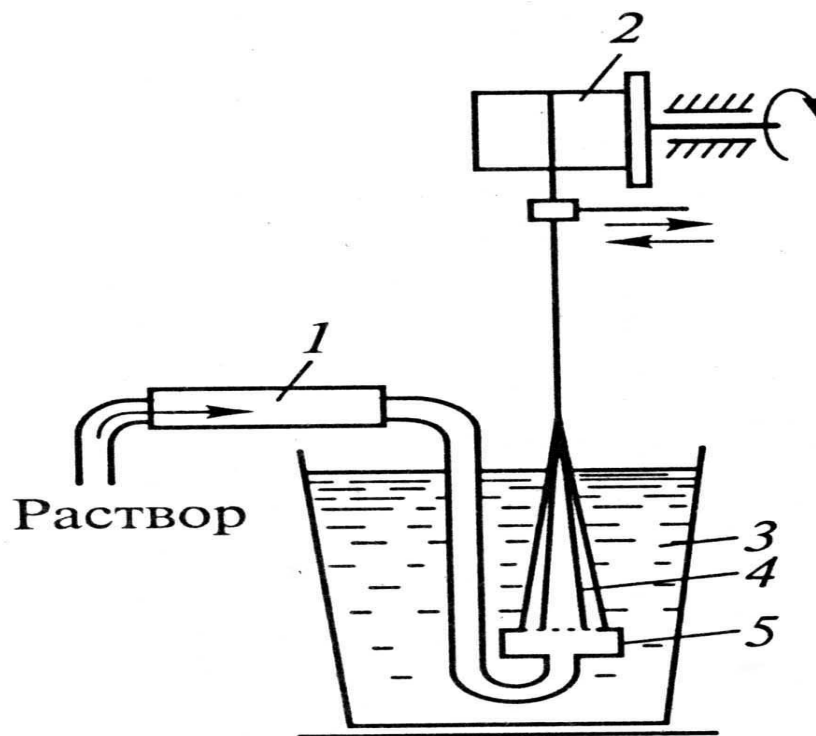
1- бункер с измельченным полимером; 2- плавильная камера; 3- прядильная головка; 4- фильера; 5- обдувочная шахта; 6- нить; 7- прядильная шахта; 8- прядильные диски; 9- приемная бобина

**При формовании из раствора сухим способом, струйки полимера обрабатываются струей горячего воздуха, в результате чего растворитель испаряется, и полимер затвердевает.**



1- фильтр; 2- фильера; 3- нити; 4- обдувочная шахта; 5- замасливающий ролик; 6- приемная бобина.

**При формовании из раствора мокрым способом, струйки нитей из фильеры поступают в раствор осадительной ванны, где происходят физико-химические процессы выделения полимера из раствора, а иногда химические процессы изменения состава исходного полимера.**



1- фильтр; 2 - фильера; 3 - осадительная ванна; 4 - нити;  
5 - приемная бобина

## *Характеристика 4 этапа «Отделка»*

Отделка волокон включает ряд операций.

- 1. Удаление примесей и загрязнений.* Данная операция проводится только для волокон, формируемых мокрым способом. При этом готовые волокна и нити промывают в воде или специальных растворах.
- 2. Беление.* Проводят операцию с целью придания волокнам и нитям необходимой степени белизны. Ее осуществляют только для волокон, которые будут окрашиваться в светлые тона.
- 3. Вытягивание и термообработка.* Проводят данную операцию с целью перестройки первичной структуры волокна. При вытягивании макромолекулы выпрямляются, происходит их ориентация вдоль оси волокна, следовательно, увеличивается прочность волокон, но уменьшается их растяжимость. Термическая обработка снимает напряженное состояние нити, происходит ее усадка, макромолекулы приобретают изогнутую форму при сохранении их ориентации вдоль оси волокна.
- 4. Поверхностная обработка* (аппретирование, замасливание и т.п.) придает нитям способность к последующим текстильным переработкам, например, снижает электризуемость.
- 5. Сушка* осуществляется после мокрого формования в специальных сушилках.
- 6.* Кроме того, отделка нитей проводится с целью придания им некоторых свойств (мягкости, шелковистости, матовости и т.п.). После отделки нити перематываются в паковки и сортируются.

# **Модификация текстильных волокон.**

Расширение и улучшение ассортимента волокон может осуществляться не только за счет разработки новых волокнообразующих полимеров, но и путем модификации (изменения) существующих химических волокон.

## ***Виды модификации:***

- *физическая или структурная*
- *химическая*

# Физическая модификация

**Направленное изменение строения и надмолекулярной структуры волокон:** изменение формы, ориентации, расположения макромолекул, их длины, введение между макромолекулами дополнительных веществ (без образования химических связей) и т.п.

Наиболее распространены следующие **виды физической модификации:**

- *Ориентация и вытягивание*
- *введение добавок (НМВ) в раствор или расплав*
- *формование из смеси полимеров*
- *получение бикомпонентных волокон*
- *профилирование волокон.*

**В результате физической модификации** волокна меняют прочность, растяжимость, блеск, матовость, белизну, бактерицидные, огнеупорные свойства, приобретают сочетание свойств двух волокнообразующих полимеров, устойчивую извитость и т.д.

**Ориентацию и вытягивание** проводят на стадии формирования и отделки волокна для увеличения прочности и устойчивости к многократным деформациям.

**При введении добавок в раствор или расплав** добавляют небольшое количество НМ реагентов, которые, не вступая в химическое взаимодействие с полимером, располагаются между макромолекулами. Такой вид модификации повышает стойкость к термической, термоокислительной, фотохимической деструкции, позволяет изменить блеск, придать матовость, увеличить степень белизны, придать бактерицидные, огнеупорные свойства.

**Формование волокон из смеси полимеров** предполагает добавление в раствор другого волокнообразующего полимера, растворимого в тех же растворителях. Оба полимера участвуют в формировании надмолекулярной структуры, придавая волокну определенные свойства.

**Профилирование волокон**, достигается применением при их формировании фильер, имеющих отверстия различной формы: треугольника, многолучевой звездочки, трилистника, двойного ромба, щелевидные разной конфигурации и т.д. Этим способом модификации поверхности волокон придается шероховатость, повышенная цепкость, что повышает объемность и пористость текстильных нитей и материалов из таких волокон, а также обеспечивает им люстровый блеск, шелковистость и другие ценные свойства

**Получение бикомпонентных волокон** заключается в том, что через фильеру специальной конструкции формируется волокно из растворов или расплавов двух полимеров, которые соединяются между собой на поверхности раздела. *Бикомпонентные волокна могут быть:*

- *сегментной структуры, когда полимеры по сечению волокна располагаются в виде сегментов;*

- *матрично-фибриллярной структуры, при которой полимеры могут быть расположены концентрически в виде ядра и оболочки, или в виде более или менее длинных фибрилл одного полимера, размещенных внутри волокна из другого полимера.*



# *Химическая модификация волокон*

заключается в частичном направленном изменении химического состава волокнообразующего полимера, в результате получают волокна с новыми свойствами.

Наиболее распространенными **видами химической модификации** являются следующие методы:

- метод синтеза волокнообразующих сополимеров*
- метод синтеза привитых сополимеров*
- метод шивания*

**Синтез волокнообразующих сополимеров.** Его проводят на стадии приготовления прядильного раствора и формования. В результате синтеза нарушается регулярность строения макромолекулы, в их структуру вводится блок-сополимер с новыми реакционно-способными группами. В результате повышается окрашиваемость, эластичность, гигроскопичность и т.п.

**Синтез привитых сополимеров** состоит в прививке к боковым реакционноспособным группам основного полимера звеньев сополимера.

**Сшивание** – образование между макромолекулами или элементами надмолекулярной структуры поперечных химических связей в результате обработки волокон би – или полифункциональными соединениями. Сшивание используется для модификации готовых волокон или готовых текстильных материалов (специальные виды отделки) и позволяет придавать термостойкость, хемостойкость, увеличивать стойкость к многократным деформациям, уменьшать набухание и растворимость.

## 2.7 Особенности строения и свойств основных видов химических волокон.

Химические волокна крайне разнообразны, но видам применяемого сырья, способам формования, отделки, вследствие чего свойствам.

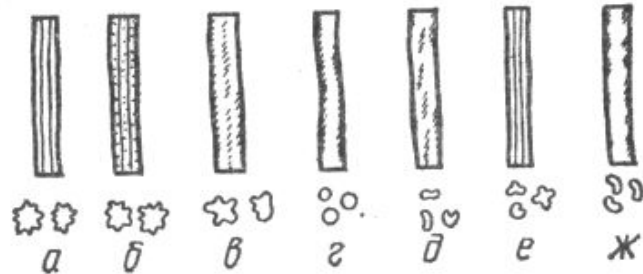


Рисунок. Химические волокна под микроскопом: а- вискозное глянцевое;  
б-вискозное матированное; в-ацетатное и триацетатное; г- полинозное, полиамидное, полиэфирное; д- нитрон; е- хлорин, ПВХ;  
ж- ВИНОЛ



## 2.8 Химические волокна нового поколения

---

В целях расширения ассортимента и области применения химических волокнистых материалов (волокон и нитей) в различных областях техники созданы высокопрочные, высокомолекулярные (малорастяжимые), высокоэластичные, термостойкие, негорючие, светостойкие и другие виды волокон со специальными свойствами, которые могут быть названы химическими волокнами нового поколения.

# Особенности свойств химических волокон нового поколения

- одновременная способность к поглощению влаги и водоупорность
- электропроводимость
- антибактериальные
- аромопрофилактические свойства
- устойчивость к действию ультрафиолетовых излучений
- антимикробные свойства
- ионообменность
- очень малый вес
- фотохромность и термохромность (способность изменять цвет под действием света или температуры соответственно), радужная (переливающаяся) поверхность и другие.
- Сверхпрочность и растяжимость
- супертонина