

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.
НАТУРАЛЬНЫЕ ВОЛОКНА:**

методические указания к самостоятельной
работе для студентов специальности 1-5001 02
«Конструирование и технология швейных
изделий» специализации 1-50 01 02 02
«Технология швейных изделий»

Витебск
2014

УДК 677.071.5/.8

Материаловедение. Натуральные волокна: методические указания к самостоятельной работе для студентов специальности 1-50 01 02 «Конструирование и технология швейных изделий» специализации 1-50 01 02 02 «Технология швейных изделий».

Витебск: Министерство образования Республики Беларусь, УО «ВГТУ», 2013.

Составители: доц. Лобацкая Е.М.,
доц. Бондарева Т.П.,
ст. преп. Лобацкая О.В.

Методические указания предназначены для самостоятельного изучения строения и свойств натуральных волокон, использования их по назначению. Изложены содержание и последовательность выполнения лабораторных работ.

Одобрено кафедрой ткачества УО «ВГТУ»
« 5 » ноября 2013 г., протокол № 3.

Рецензент: к.т.н., доц. Гарская Н.П.
Редактор: к.т.н., доц. Невских В.В.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом
УО «ВГТУ»
« 4 » декабря 2013 г., протокол № 8.

Ответственный за выпуск: Тищенко О. А.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

Подписано к печати _____ Формат _____ Уч.-изд. лист.
Печать ризографическая. Тираж _____ экз. Заказ № _____ Цена _____

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».
Лицензия №02330/0494384 от 16 марта 2009 г.
210035, Витебск, Московский пр-т, 72.

Содержание

Введение	4
1 Классификация текстильных волокон	5
1.1 Основные виды текстильных волокон	5
1.2 Строение и свойства веществ, слагающих текстильные волокна	8
1.3 Природные полимеры текстильных волокон	11
1.4 Основные свойства волокон	15
2 Натуральные волокна растительного происхождения	18
2.1. Хлопок	22
2.2 Лен	25
3 Натуральные волокна животного происхождения	29
3.1 Шерсть	31
3.2 Основные виды и первичная обработка шерсти	34
3.3 Шелк	46
4. Применение натуральных волокон	49
Список литературы	51

ВВЕДЕНИЕ

С применением волокон и текстильных материалов связаны многие потребности людей. Это одежда и предметы интерьера, спортивные и медицинские изделия, а также многое другое, что входит в круг необходимых для человека вещей. Развитие техники, транспорта, строительства сегодня невозможно без использования волокон, нитей, тканей и трикотажа. Одежда и другие текстильные изделия по праву считаются, второй после пищи потребностью человека.

Легкая промышленность – совокупность отраслей и производств, перерабатывающих сельскохозяйственное и химическое сырье и выпускающих ткани, одежду, обувь и другие предметы потребления. Она является одной из важнейших составных частей промышленного комплекса Республики Беларусь.

В легкой промышленности республики функционируют 425 предприятий, которые выпускают сотни видов продукции более 5000 наименований. Наиболее крупные предприятия (свыше 350) входят в состав Белорусского государственного концерна по производству и реализации товаров легкой промышленности («Беллепром»), на долю которого приходится 87 % промышленной продукции отрасли. В последние годы в отрасли наметился рост производства по многим ассортиментным группам, в том числе увеличился выпуск тканей и трикотажа из натуральных волокон. Приоритеты в развитии отрасли отдаются предприятиям, способным в короткий срок улучшить качество продукции по всей технологической цепочке: от обработки сырья до выпуска конечной продукции.

Качество готовой продукции во многом определяется характеристиками исходного сырья: волокон и нитей, а их свойства в свою очередь обусловлены свойствами и техническими особенностями переработки волокон. Умение определять эти характеристики; распознавать и устранять дефекты, возникающие в процессе производства; прогнозировать изменение основных потребительских свойств готовой продукции под влиянием различных факторов является основной целью современного развития текстильной отрасли страны.

1 КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН

1.1 ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН

Текстильное материаловедение – наука о строении, свойствах и методах оценки качества текстильных материалов. К текстильным материалам относятся те, которые состоят из текстильных волокон и нитей, а так же сами волокна и нити. Почти все они состоят из полимеров – высокомолекулярных соединений.

Текстильные волокна представляют собой протяженные, гибкие, прочные тела с малыми поперечными размерами, ограниченной длины, пригодные для изготовления текстильных материалов.

Текстильные волокна бывают элементарными и комплексными. **Элементарное волокно** – это волокно, не делящееся в продольном направлении на составляющие без разрушения (хлопок, шерсть, вискозное, ацетатное, капрон). **Комплексные** (технические) **волокна** состоят из нескольких элементарных волокон, расположенных параллельно и соединенных склеиванием (лен, пенька, джут) или силами кристаллизации (асбест).

Текстильные волокна делятся на два класса: натуральные и химические (рис. 1.1). Классы подразделяются на подклассы, подклассы – на группы, группы – на подгруппы, а подгруппы – на разновидности волокон. **Натуральные волокна** получают в природе в готовом виде без непосредственного участия человека (хлопок, шерсть, лен, пенька и др.) **Химические волокна** – это волокна, изготовленные заводским путем в результате переработки природных или синтетических высокомолекулярных соединений (вискозное, ацетатное, капрон, лавсан и др.)

Выделяют два подкласса натуральных волокон – органического и неорганического состава. Волокна органического состава делятся на две группы: волокна растительного и животного происхождения.

Растительные волокна получают из различных частей растения. В зависимости от этого их делят на следующие подгруппы: семенные и плодовые, стеблевые и листовые. К семенным волокнам относятся хлопковые, к плодовым – волокна из скорлупы кокосовых орехов, к стеблевым – волокна льна, пеньки, канатника, рами и др., к листовым – манильской пеньки, сизали и др.

Волокна животного происхождения делятся на две подгруппы: полученные из волокнистого покрова животных и выработанные железами насекомых. К первой подгруппе относятся овечья, козья, верблюжья шерсти и др., ко второй – волокна, получаемые благодаря жизнедеятельности гусениц тутового и дубового шелкопрядов.

К подклассу волокон неорганического (минерального) состава относятся асбестовые волокна, получаемые из горных пород.

Классификация текстильных волокон

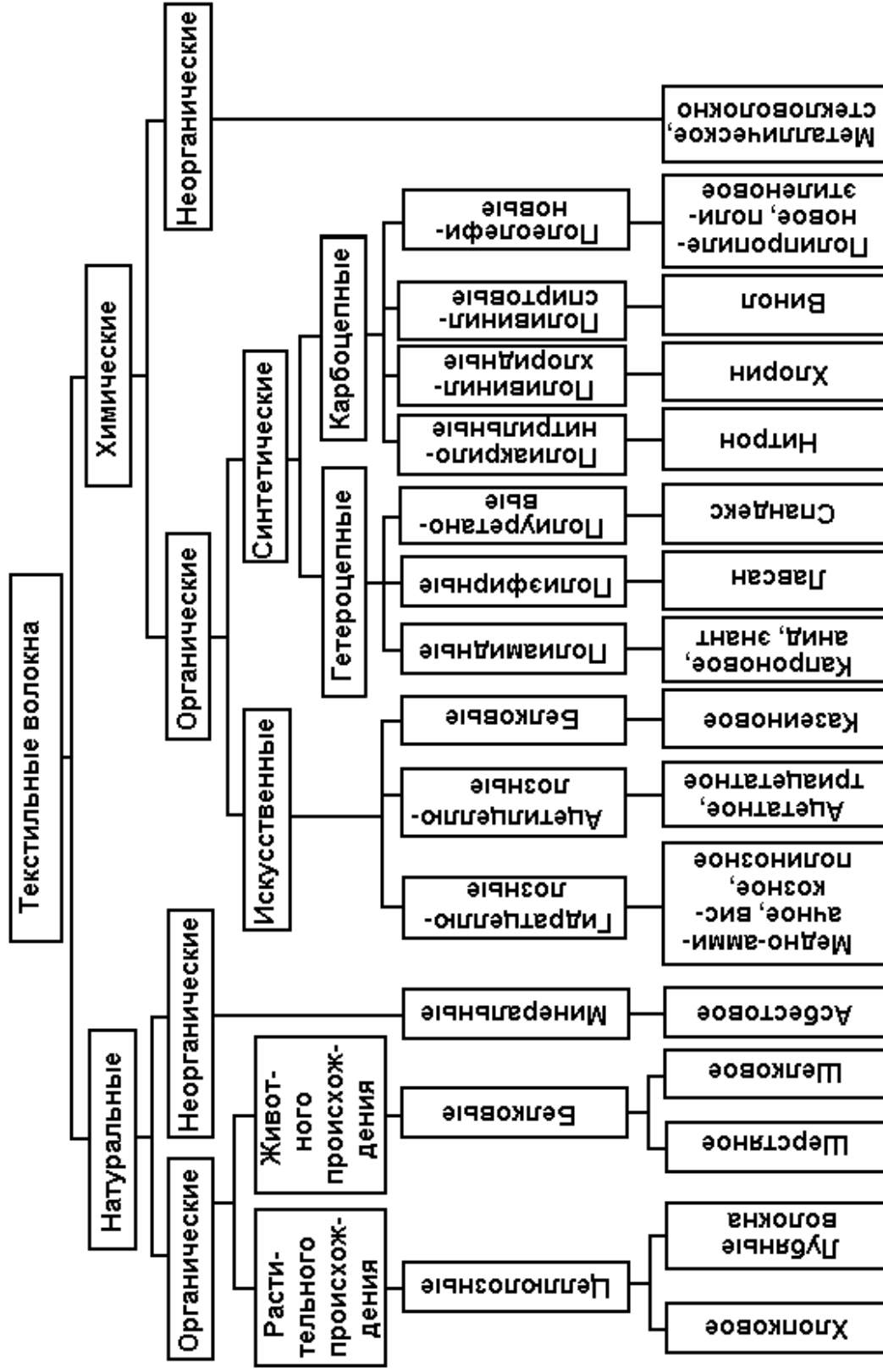


Рисунок 1.1 – Схема классификации текстильных волокон

Химические волокна бывают двух подклассов: органического и неорганического состава. Органические волокна делятся на две группы: искусственные и синтетические.

Искусственные волокна получают в результате переработки природных высокомолекулярных соединений, например из целлюлозы, из белков. К искусственным волокнам относятся: вискозное, ацетатное, триацетатное, медно-аммиачное, казеиновое, зеиновое и др.

Синтетические волокна вырабатываются из синтетических высокомолекулярных соединений, которые предварительно получают путем синтеза из природных низкомолекулярных соединений с помощью реакций полимеризации или поликонденсации. Основным сырьем для их производства являются продукты переработки нефти и каменного угля. К синтетическим волокнам относятся капрон, лавсан, нитрон, хлорин, винол, полиэтилен, полипропилен и др.

Искусственные волокна в основном получают из органических высокомолекулярных соединений, имеющих в природе в готовом виде, например из целлюлозы и ее эфиров. К группе искусственных волокон также относятся белковые волокна, полученные из белков растительного и животного происхождения. Волокна растительного происхождения получают из белка кукурузы, сои, земляного ореха и других растений. Волокна животного происхождения изготавливают из молока (казеиновое волокно).

Наиболее многочисленным является класс синтетических волокон, которые получают из высокомолекулярных соединений, синтезируемых из низкомолекулярных органических соединений, сырьем для которых являются продукты переработки нефти и каменного угля. Таких соединений получено очень много, но широкое промышленное применение получило небольшое количество волокон. Синтетические волокна изготавливают из фенола, этилена, метана и др.

Подкласс химических волокон неорганического происхождения включает силикатные и металлические волокна. Силикатные волокна получают из стекла (стеклянные волокна), металлические – из различных металлов и их сплавов (золотые, серебряные, латунные, медные, алюминиевые и другие волокна).

Для выработки текстильных материалов текстильные волокна перерабатывают в текстильные нити.

Текстильная нить принципиально отличается от волокна только неограниченной длиной. Таким образом, **элементарная нить** – это элементарное волокно неограниченной длины. Если элементарная нить непосредственно используется для производства изделий, то она часто называется мононитью. Чаще используется **комплексная нить**, т.е. нить, состоящая из определенного количества элементарных нитей, расположенных параллельно и соединенных склеиванием (натуральный шелк) или скручиванием (все химические нити). Примером комплексных нитей, полученных скручиванием элементарных нитей, могут служить: вискозная комплексная нить, ацетатная комплексная нить, капроновая, лавсановая и другие комплексные нити. Комплексные нити широ-

ко используются в текстильной и трикотажной промышленности. Другим широко известным видом нитей является пряжа. **Пряжа** – нить, состоящая из волокон, расположенных ориентированно вдоль оси и соединенных скручиванием (хлопчатобумажная пряжа, льняная пряжа, шерстяная пряжа, лавсановая пряжа и т.д.).

Для выработки пряжи из химических волокон короткое волокно получают разрезанием **химического жгута**– комплекса из большого количества элементарных нитей, расположенных параллельно. Жгут часто проходит гофрирование перед разрезанием.

Кручеными называются нити, состоящие из двух или более первичных нитей (пряжи, комплексных нитей), расположенных параллельно и соединенных скручиванием (крученая пряжа, крученая комплексная нить, крученая комбинированная нить, т.е. нить, состоящая из разных составляющих). **Армированная нить**, это разновидность крученой нити, она состоит из сердечника обвитого по всей длине другой нитью или волокнами.

Текстурированными нитями называют химические нити, структура которых изменена для создания большего объема и растяжимости. **Фасонная нить**– это нить, имеющая по всей длине повторяющиеся изменения цвета, структуры. Фасонная нить состоит из стержневой и нагонной составляющей, которая образует на поверхности нити спирали, узелки различной формы и протяженности, петли.

1.2 СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ, СЛАГАЮЩИХ ТЕКСТИЛЬНЫЕ ВОЛОКНА

У всех волокон можно обнаружить вещество, которое в весовом отношении занимает подавляющую часть, т.е. является основным веществом. У натуральных волокон вместе с основным веществом встречаются второстепенные. В настоящее время для текстильной переработки используется большое количество волокон, различных по своему химическому составу. Но, несмотря на это, у разных основных веществ есть много общего, так как большинство из них относятся к органическим высокомолекулярным соединениям (полимерам).

Главными особенностями высокомолекулярных соединений (ВМС) являются следующие:

1. Все ВМС имеют большой молекулярный вес.
2. Макромолекулы ВМС состоят из большого числа групп атомов, которые называются элементарными звеньями. Число отдельных элементарных звеньев, входящих в молекулу полимера, называется коэффициентом или степенью полимеризации и обозначается коэффициентом «n».

Например: целлюлоза ($C_6H_{10}O_5$)_n: у хлопка коэффициент полимеризации «n» находится в пределах 5-15 тысяч; у льна около 36тысяч. У макромолекулы капрона коэффициент полимеризации n=100-200; вискозного волокна n=300-400.

3. Коэффициент полимеризации «n» у отдельных макромолекул различен, т.е. макромолекулы обладают полидиспертностью. В результате физико-механические свойства ВМС очень неоднородны.

4. Деформация всех ВМС состоит из 3-х частей: упругой, эластической и пластической.

5. Растворы всех полимеров имеют большую вязкость; число растворителей ограничено.

6. Обладая полидиспертностью полимеры не имеют четко выраженной температуры плавления. У некоторых полимеров температура плавления ниже температуры разложения.

Общим свойством текстильных волокон является то, что все они построены из макромолекул, которые отличаются друг от друга химическим составом и строением.

Молекулы волокон обычно имеют вытянутую форму, их длина в 500-2000 раз больше поперечных размеров. В волокнах действуют химические (в элементарных звеньях) и межмолекулярные (между макромолекулами) связи.

Элементарные звенья в продольном направлении связаны между собой прочными ковалентными химическими связями. Например, у целлюлозных волокон звенья связаны глюкозидной связью (кислородный мостик), который образуется между соседними остатками глюкозы.

У белковых волокон пептидная связь образуется между соседними остатками аминокислот.

Свойства волокон во многом зависят от коэффициента полимеризации. Чем он выше, тем длиннее макромолекулы волокна, тем они прочнее, так как с увеличением длины макромолекулы увеличиваются суммарные силы межмолекулярного взаимодействия, а следовательно, повышается прочность волокна.

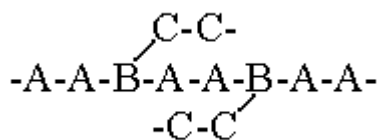
У некоторых полимеров, образующих текстильные волокна, элементарные звенья имеют химические связи не только в продольном, но и в поперечном направлении.

Макромолекулы текстильных волокон по структуре бывают: линейные, разветвленные и сетчатые. Если элементарное звено целлюлозы ($C_6H_{10}O_5$) обозначить через А, структуру макромолекулы целлюлозного волокна можно изобразить в виде линейной цепочки:

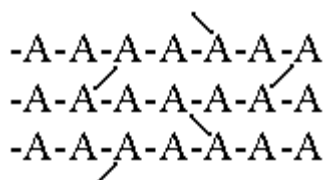


В линейных макромолекулах каждое элементарное звено связано химически только с двумя соседними звеньями, образуя цепь главных валентностей.

В разветвленной структуре некоторые звенья связаны более чем с двумя другими звеньями, в результате от основной цепи образуются ответвления в виде небольших боковых цепей



Сетчатые макромолекулы характеризуются более или менее параллелизованными линейными цепями главных валентностей. Кроме того, линейные цепи соединены друг с другом поперечными связями, их макромолекулы имеют такой вид:



Макромолекулы большинства текстильных волокон, таких как хлопок, лен, шелк имеют линейную структуру. Белковые, искусственные волокна и из поливинилового спирта имеют сетчатую структуру. Синтетические могут иметь как линейную, так и сетчатую структуру макромолекул.

Наряду с химическим строением полимера на его свойства влияет характер расположения макромолекул в структуре полимера, т. е. его надмолекулярная структура. Простейшими структурными элементами полимеров являются глобулы и линейные агрегаты (пачки).

Глобулы – отдельные гибкие длинные макромолекулы, имеющие свернутую сферическую форму.

Пачки – образуются из развернутых макромолекулярных цепей, размещенных относительно друг друга последовательно-параллельно.

Глобулы и пачки могут образовывать аморфные и более упорядоченные, кристаллические, структуры. Глобулы образуют единичные кристаллы с пространственной решеткой. Пачки образуют кристаллические структуры двух типов: пластинчатые и фибриллярные.

Полимеры, из которых состоят волокна, по своей надмолекулярной структуре относятся к пачечно-фибриллярным соединениям, по длине фибрилл расположены аморфные и кристаллические области. Длинные цепные макромолекулы могут проходить последовательно через несколько кристаллических и аморфных областей. Такое строение волоконобразующих полимеров придает волокнам достаточную прочность и эластичность.

В волокнах макромолекулы могут располагаться неориентировано (рис. 1.2 а), ориентированно (рис. 1.2 б) и высокоориентированно (рис. 1.2 в). Ориентация макромолекул оказывает существенное влияние на физико-механические свойства волокон. Волокна с высокоориентированным расположением макромолекул имеют большую прочность.

Таким образом, прочность текстильного волокна существенно зависит от коэффициента полимеризации, степени ориентации макромолекул относитель-

но продольной оси волокон и суммарных сил межмолекулярного взаимодействия.

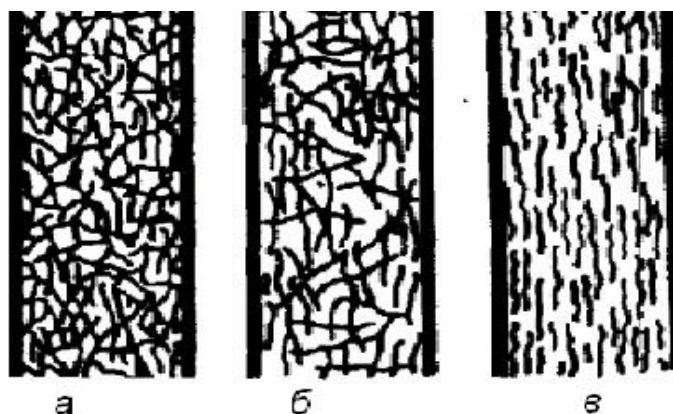


Рисунок 1.2 – Ориентация макромолекул текстильных волокон

К особенностям надмолекулярной структуры можно отнести и то, что в теле волокон и элементарных нитей имеется большое число продольных трещин, микропор. Из-за этого их физические плотности по сравнению со средней плотностью (объемной массой), т. е. с отношением массы к объему по наружному контуру, отличаются на 10-30% и более.

1.3 ПРИРОДНЫЕ ПОЛИМЕРЫ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН

Основными текстильными природными высокомолекулярными веществами являются целлюлоза, кератин шерсти и фиброин шелка.

Целлюлоза. Из целлюлозы состоят все текстильные волокна растительного происхождения (хлопок, лен, пенька, кенаф, джут, рами и т.д.) и древесина. Кроме того целлюлоза используется для получения искусственных волокон (вискозного, медно-аммиачного, ацетатного, триацетатного) как исходное сырье.

Целлюлоза содержится: в хлопке – 97-98,5 %; льне – 80%; пеньке – 77%; джуте – 64%. Остальной процент приходится на примеси:

1. Гемицеллюлоза, (низкомолекулярные фракции целлюлозы) – это спутники целлюлозы полисахариды, растворимые в 18 %-ном растворе NaOH. Примесь гемицеллюлозы ухудшает свойства целлюлозы и удаляется из хлопчатобумажных волокон в процессе отделочной операции – мерсеризации.

2. Пектиновые (склеивающие) вещества.

3. Лигнин - органическое высокомолекулярное соединение, придающее волокну жесткость и хрупкость. Лигнин предохраняет целлюлозу от окисления, содержится в лубяных волокнах.

4. Белковые и другие содержащие азот вещества.

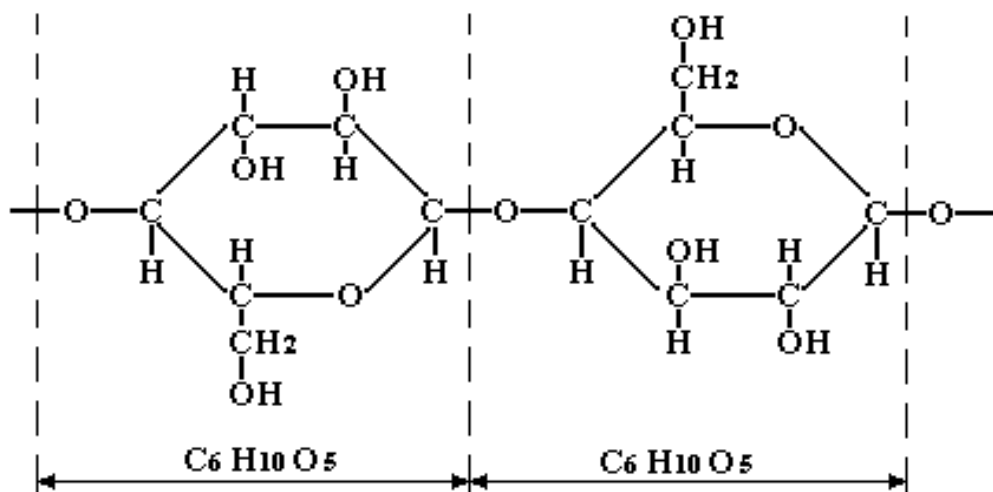
5. Жировосковые вещества, которые в основном участвуют в формировании наружных оболочек волокон.

6. Зольные вещества, остающиеся в золе после сгорания растительных волокон (соли щелочных металлов, окиси железа и др.).

7. Красящие вещества и пигменты.

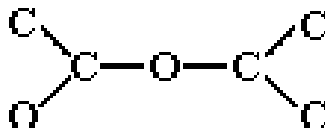
Элементарным звеном молекулы целлюлозы является остаток молекулы глюкозы $C_6H_{10}O_5$. Макромолекула целлюлозы имеет линейное строение. Основы каждого звена составляют пираноидные кольца.

Структурная формула целлюлозы имеет вид:



Из формулы следует, что:

1. Элементарные звенья связаны между собой глюкозидной связью или так называемыми кислородными мостиками:



2. В каждом звене молекулы целлюлозы находятся 3 гидроксильные группы. В результате целлюлоза обладает свойствами многоатомных спиртов $[C_6H_{10}O_2(OH)_3]_n$.

3. Элементарные звенья в макромолекуле целлюлозы смещены друг относительно друга на 180° .

Плотность вещества целлюлозы $1,54-1,56 \text{ г/см}^3$. Целлюлоза легко поглощает различные пары и газы. При нагревании до $120-130^\circ\text{C}$ целлюлоза заметно не изменяется, при дальнейшем нагревании, а особенно после $160-180^\circ\text{C}$ происходит процесс разрушения ее молекул. Сначала разрушения проходят по глюкозидным связям, а потом идет распад самих глюкозидных остатков. Под действием света целлюлоза подвергается деструкции и окисляется кислородом воздуха. Целлюлоза является хорошим диэлектриком.

Целлюлоза не растворяется в воде и других органических растворителях (спирте, бензоле). Часто целлюлозу растворяют в водном растворе медно-аммиачного комплекса (реактив Швейцера): $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$.

Под действием кислот происходит деструкция целлюлозы (гидролиз), т. е. ее глюкозидные связи разрываются и присоединяют воду. Смесь продуктов гидролиза называется гидроцеллюлозой, механические свойства целлюлозы при гидролизе резко ухудшаются.

Так как целлюлоза обладает еще и спиртовыми свойствами, в соединении с кислотами она дает сложные эфиры, некоторые из которых используют для производства пластмасс, пленок, искусственных волокон. Например: ксантогенат целлюлозы используется для получения вискозного волокна, а ацетилцеллюлоза – для производства ацетатного волокна.

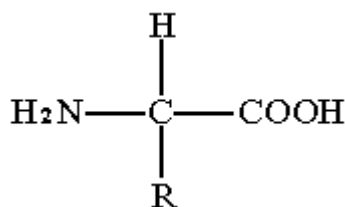
Целлюлоза неустойчива к действию окислителей (перекись водорода, гипохлориты кальция и натрия) – окисляются гидроксильные группы, разрываются глюкозидные связи и пираноидные кольца.

Целлюлоза сравнительно устойчива к действию щелочей. Едкий натр соединяется с целлюлозой и образуется щелочная целлюлоза – малоустойчивое соединение, которое легко разлагается водой и образуется гидратцеллюлоза, отличающаяся от исходной природной целлюлозы строением. Она легче вступает в различные реакции, лучше окрашивается, легче поглощает различные вещества, в том числе и воду.

Кератин шерсти и фиброин шелка. Основным веществом, слагающим волокна животного происхождения, являются белки. Белки – это высокомолекулярные соединения, синтезирующиеся в природных условиях в растительных и животных организмах. Они составляют основную часть протоплазмы, вещества крови, молока, кожи, волос, мышц. Белки относятся к группе органических высокомолекулярных соединений, называемых полиамидами или пептидами.

Белковое вещество шерсти называется кератином; основой шелковой нити является фиброин 75% и клеящее белковое вещество серицин 25%. Серицин скрепляет элементарные шелковые нити, он легко растворяется в воде и в слабokonцентрированных водных растворах различных химических реагентов, особенно при нагревании. Поэтому при получении шелковых нитей и их отделке серицин почти полностью удаляется. В состав кератина, фиброина и серицина входят углерод, водород, кислород и азот, в кератине содержится еще и сера.

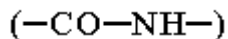
Макромолекулы белковых веществ построены из остатков аминокислот, а именно α -аминокислот. В настоящее время известно семнадцать таких аминокислот, из которых состоят макромолекулы кератина и фиброина. Схематическая формула аминокислоты имеет вид:



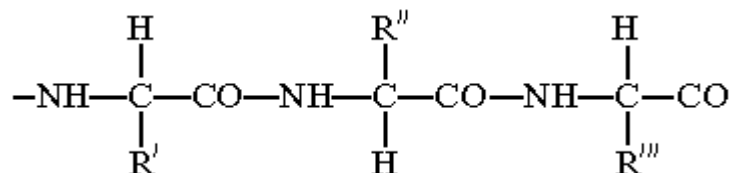
R-радикал, или группа атомов (в зависимости от вида аминокислоты) с одной свободной валентностью для связи с другими атомами.

Карбоксильная группа аминокислоты COOH обладает кислотными свойствами, аминогруппа $-\text{NH}_2-$ щелочными. В результате свойства белковых волокон имеют амфотерный характер, т. е. в щелочных растворах волокна проявляют кислотные, а в кислых – щелочные свойства, поэтому они легко вступают в различные реакции, хорошо окрашиваются.

Элементарные звенья связаны в макромолекулах пептидной связью:

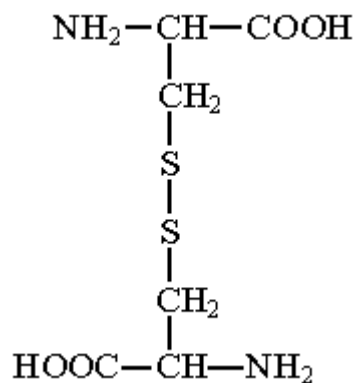


Белковая макромолекула имеет примерно следующее строение:



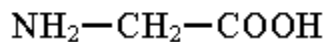
В макромолекулах кератина шерсти в основном содержатся остатки таких аминокислот, как глутаминовая, цистин, лейцин, аргинин, серин. Эти аминокислоты имеют развитые радикалы. Это препятствует плотной упаковке макромолекул кератина.

Цистиновая кислота имеет вид:

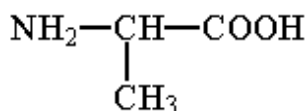


Предполагают, что наличие серы придает макромолекулам кератина, а следовательно и волокнам шерсти свойство малосминаемости.

В макромолекулах фиброина шелка содержатся в основном остатки таких аминокислот, как глицин:



и аланин:



Упаковка макромолекул в фиброине компактная, с высокой степенью ориентации.

Плотность вещества фиброина составляет $1,25\text{г/см}^3$, кератина – $1,28-1,3\text{г/см}^3$. Белковые волокна являются диэлектриками, легко поглощают значительное количество воды. Все они (особенно фиброин) под действием света легко окисляются кислородом воздуха.

Белковые волокна относительно стойки к действию кислот. Минеральные кислоты, при слабой концентрации, а органические при средней вызывают лишь небольшое снижение прочности белковых волокон. С повышением концентрации и нагревом разрушения протекают быстрее.

Щелочи, особенно при нагреве, быстро разрушают белковые вещества волокон. Например, 5%-ный раствор NaOH разрушает волокно за несколько минут. В воде, спирте, бензоле белковые вещества нерастворимы.

В волокнах шерсти и шелка кроме основных белковых веществ содержатся вещества, которые играют второстепенную роль. Например, в волокне шерсти кератин составляет около 90%. Вместе с ним встречаются видоизмененные молекулы кератина, которые склеивают между собой клетки и образуют наружный слой волокна.

В волокнах шерсти и шелка также встречаются красящие пигменты. В шелке содержатся жиры, воски; на поверхности шерстяных волокон содержится жиропот.

1.4 ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ВОЛОКОН

Свойства – это основные отличительные особенности материалов, которыми они наделены: геометрические, механические, физические, химические и др. Эти основные особенности делятся на более частные – например, говоря о физических свойствах, выделяют среди них тепловые, оптические, электрические.

Свойства зависят от строения материалов и изучают с помощью различных приборов и методов. Каждое измеримое свойство можно выразить в виде определенной величины, которая имеет конкретную размерность и называется **характеристикой**. Числовые выражения характеристик называются **показателями**.

Например, геометрические свойства описывают размеры и формы материалов, одной из их характеристик является длина, которая может выражаться для различных текстильных материалов метрами, сантиметрами, миллиметрами и т.д. Конкретная длина какого-либо материала, например, хлопкового волокна, – 35мм, является показателем этой характеристики.

В тех случаях, когда какие-либо характеристики свойства еще мало изучены или приборы для их оценки не разработаны, а методы измерения требуют больших затрат труда и времени, ограничиваются **органолептическими** характеристиками. То есть такими, которые определяются с помощью органов чувств человека – зрения, осязания, обоняния, слуха вкуса; они не имеют размерности и, естественно, являются субъективными и малоточными, поэтому органолептические характеристики в современном материаловедении применяются редко.

Основные свойства волокон и нитей делят на геометрические, механические, физические и химические. К *геометрическим свойствам* волокон и нитей относят длину и толщину.

Длина, L – это расстояние между концами волокна в распрямленном состоянии (измеряется в мм, см, м, км). От длины волокон зависит выбор способа прядения. Из длинных волокон вырабатывается тонкая и гладкая пряжа, из коротких – более толстая и пушистая.

Толщина волокон изменяется от 2 до 60 мкм. Непосредственное измерение толщины волокон и нитей затруднено, т.к. форма их поперечного сечения бывает разной. Поэтому толщину волокон и нитей характеризуют косвенными величинами, например линейной плотностью.

Линейная плотность T, текс характеризуется массой, приходящейся на единицу длины.

$$T = \frac{m}{L} \text{ (текс, мг/м, г/км),}$$

где m – масса волокна, мг, г;

L – длина волокна, м, км.

Механические свойства характеризуют способность материалов сопротивляться действию внешних сил. Для волокон наиболее характерным видом воздействия является деформация растяжения, при которой определяют следующие характеристики: разрывное усилие, абсолютное и относительное разрывное удлинение.

Разрывное усилие P_r – наибольшее усилие, выдерживаемое волокном к моменту разрыва, выражается в Н, сН, даН, кгс, гс и др.

Абсолютное разрывное удлинение l_p , мм – это приращение длины волокна к моменту разрыва:

$$l_p = L_k - L_o \text{ (мм),}$$

где L_o – начальная длина образца (перед растяжением);

L_k – конечная длина образца перед разрывом.

Относительное разрывное удлинение $\varepsilon_p, \%$ – показывает, какую часть от первоначальной длины образца составляет его абсолютное удлинение к моменту разрыва.

$$\varepsilon_p = \frac{L_k - L_o}{L_o} \times 100 = \frac{l_p}{L_o} \times 100 \text{ (\%).}$$

К основным *физическим свойствам* волокон относят: сорбционные (гигроскопические), тепловые и др.

Гигроскопические свойства характеризуют способность волокон поглощать влагу, они оцениваются фактической, нормальной, кондиционной и максимальной влажностью.

Фактическая влажность W_f – показывает, какую часть массы волокон составляет влага при данных атмосферных условиях.

Многие свойства текстильных материалов зависят от содержащейся в них влаги. Поэтому перед проведением испытаний все текстильные материалы выдерживают не менее 24 часов в так называемых нормальных условиях: 20 ± 2 °С и относительной влажности воздуха 65%. Влажность материалов при данных атмосферных условиях называется нормальной влажностью W_n .

Кондиционная влажность W_k – это нормированная влажность, она близка по своей величине к нормальной влажности и используется при приемке и сдаче продукции.

Гигроскопичностью W_g называется максимальная влажность, которую приобретает материал при стопроцентной влажности воздуха.

Светостойкость волокон зависит от их химической природы. Все волокна разрушаются в результате фотохимического распада основного вещества. Минимальной светостойкостью обладают шелк, капрон, максимальной нитрон, триацетат.

Тепловые свойства волокон– это поведение волокон при высоких и низких температурах.

Хемостойкость– это устойчивость волокон к действию химических реагентов.

2. НАТУРАЛЬНЫЕ ВОЛОКНА РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

К натуральным волокнам растительного происхождения относят: лен, хлопок, пеньку, джут, кенаф, ваточник, канатник, кендырь, волокна абаки, ананаса, генекена, рами, сизаля, сесбании, сиды, юкки, кокосовой пальмы, капок. Лубяные волокна получают из стеблей и листьев растений. Растения, возделываемые для получения лубяного волокна, называют лубяными культурами. К растениям, содержащим волокна в стеблях, относят: лен-долгунец, конопля, кенаф, джут, рами, канатник, кендырь, сесбания, юкка и другие (рис. 2.1).

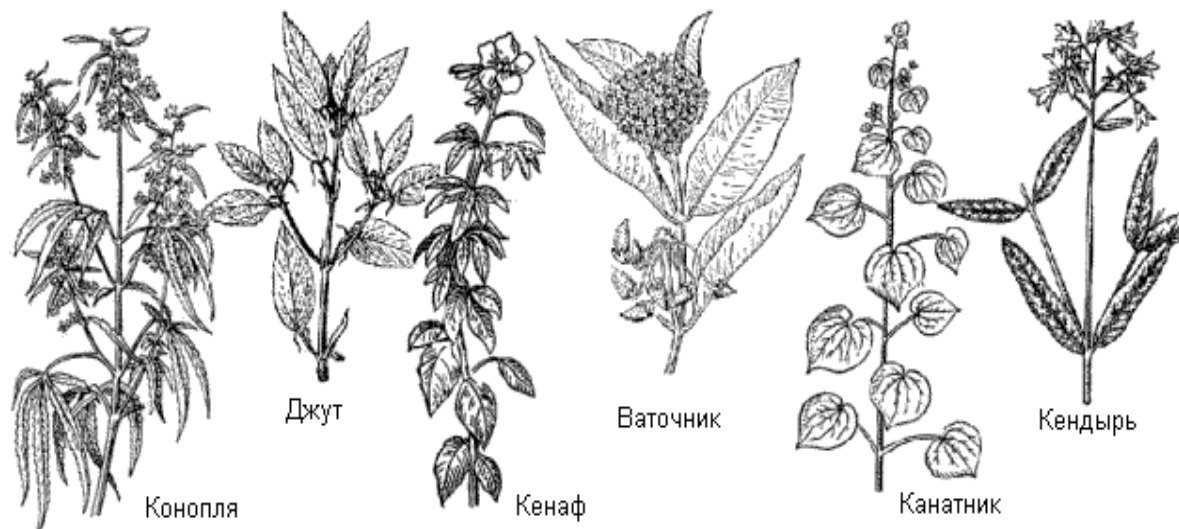


Рисунок 2.1 – Лубяные растения, используемые для добычи волокон из стеблей

Лубяные растения, содержащие волокна в листьях, – агава, новозеландский лен (формиум), прядильный банан (абака), юкка и другие (рис. 2.2).

Зоны произрастания их различны: лен-долгунец, конопля, канатник и сида – растения умеренных широт, остальные – тропических и субтропических и прилегающих к ним зон.

Пенька – грубое лубяное волокно из стеблей конопли. Мужское растение конопли называется посконь, или замашка, женские – матерка. Из поскони и зеленца (матерка, убранная в период технической спелости) получают волокно (пеньку), из которого изготавливают ткани. Из волокна матерки, убранной на семена, делают морские канаты, веревки, парусину. Выход волокна из сухих стеблей поскони 20-25%, матерки – 12-20%. Техническое волокно пенька состоит из склеенных элементарных волокон длиной 14 – 15 мм.

Волокна из конопли начали использоваться для изготовления тканей для одежды лишь недавно. Сначала из стебля выделяют клейкие вещества и пектин и отделяют волокна. Затем волокна обрабатывают снова и из них получают пряжу и материал. Волокна конопли желто-коричневые или коричневые, и их трудно отбеливать, однако они могут быть выкрашены в яркие или темные цве-

та. Внешне и на ощупь материал из конопли очень похож на льняной, обладает высоким водоотталкиванием, низкими эластичными свойствами, на тепловую обработку и солнечный свет реагирует так же, как хлопок, легко сминается, и его не рекомендуют гладить при высокой температуре. Лучшее конопляное волокно для текстильной промышленности производится в Италии.

На заводах первичной обработки в результате мятья и трепания вымоченных и высушенных стеблей конопли получается пенька длиной более 700 мм; при очистке отходов трепания из короткой, спутанной (низкосортной) тресты выделяется короткое волокно средней длины 175-250 мм. Часто пенькой называют также лубяные волокна других растений, например, манильской пеньки (абака), сизальской пеньки (сизаль).

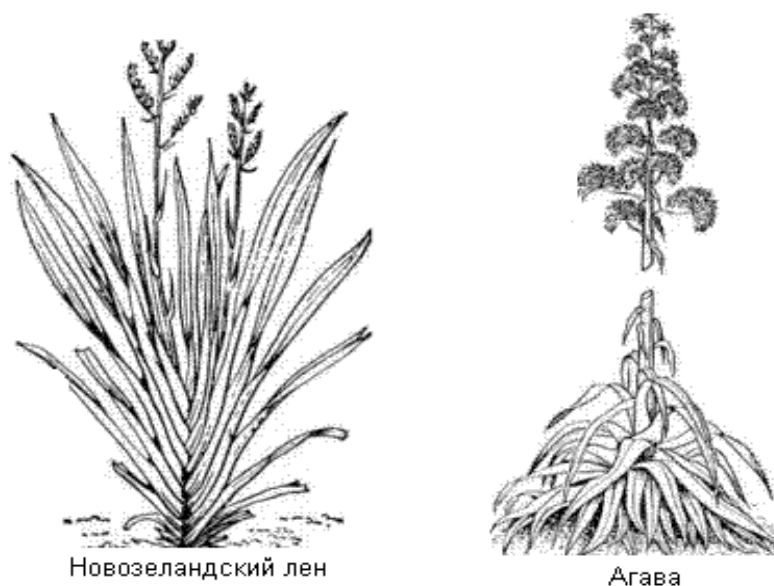


Рисунок 2.2 – Лубяные растения, используемые для получения волокон из листьев.

Джут– наиболее распространенное грубостеблевое влагоемкое волокно, получаемое из стеблей растения джут. Содержание его в сухих стеблях 20-25%. Крупнейшие поставщики джута на мировой рынок – Индия и Пакистан. Волокно используют для изготовления технических, упаковочных, мебельных тканей, ковровых изделий.

Кенаф– волокно из стеблей однолетнего растения кенаф. Стебель прямой высотой 1 – 5м. Растение тепло- и влаголюбиво. Содержание волокна в сухих стеблях сортов кенафа 16 – 20%. Волокно отличается высокой гигроскопичностью и прочностью, из него изготавливают мешковину, брезент, шпагат, веревки. Из костры делают бумагу и строительные плиты. Наибольшие площади посева кенафа в Индии, выращивают его также в Китае, Иране, Бразилии, США.

Ваточник, ласточник– род преимущественно травянистых растений семейства ластовневых. Существует более ста видов в Америке и несколько в Африке. Наиболее известен ваточник сирийский, или эскулапова трава – мно-

голетник, родом из Америки. Одичавший ваточник встречается в Прибалтике, Беларуси, на Украине и Кавказе. Высокое растение (до 2 м) с плотными, большей частью продолговато-эллиптическими листьями. Из стеблей получают прочное волокно для изготовления грубых тканей и веревок.

Канатник— однолетнее травянистое растение. В сухих стеблях канатника содержится до 25% волокна, используемого для выработки пряжи, из которой изготавливают мешковину, шпагат, веревки и др. Волокно канатника прочное, но ломкое. Для улучшения свойств его обычно подвергают варке в слабых растворах едкого натра. Из отходов изготавливают бумагу, изоляционные материалы. Родина и древний центр культуры канатника Китай, где его выращивают на больших площадях. Посевы канатника есть в Монголии, Японии, Египте, США.

Кендырь— многолетнее травянистое растение. В стеблях содержится до 20—27% луба, в лубе — до 10% волокна, отличающегося гибкостью, прочностью и стойкостью к загниванию, пригодно для изготовления веревок, рыболовных сетей. Произрастает преимущественно в Северной Америке, Южной Европе и Юго-Восточной Азии.

Рами — волокно из стебля многолетнего растения рами семейства крапивных. Волокно прочное, эластичное, длинное (62—95мм), оно отличается тониной, блеском и почти не подвержено гниению. Волокно по своим характеристикам очень похоже на лен. Производится из растения *B Boehmerianivea* (куста, произрастающего в Юго-Восточной Азии, Китае, Японии, Южной Европе). Цвет волокон — белый, получаемая пряжа имеет блестящий внешний вид, похожа на шелк. Волокна рами обладают низкой растяжимостью, высокой устойчивостью к истиранию — в два раза выше льна и в пять раз выше хлопка. Материал хорошо красится, при этом не теряет свой шелковый блеск. Прекрасно впитывает влагу и быстро сохнет, устойчив к бактериям и плесневым грибкам. Рами используется в смеси с шерстью, с шелковыми волокнами или как заменитель льна. Это недорогое, но очень практичное и красивое натуральное волокно. Однако оно несколько грубее льна, к тому же обладает меньшей эластичностью. Волокно рами идет на изготовление высококачественных бельевых, плательных и технических тканей, рыболовных сетей, высших сортов бумаги (в частности, для денежных знаков). Главный поставщик рами — Китай, в меньшей степени другие страны Южной и Восточной Азии. В странах СНГ растение известно под названием «китайская крапива».

Сесбания— род растений семейства бобовых. Из коры сесбании получают грубое волокно для производства веревок, канатов и сетей.

Сиды— род травянистых растений и полукустарников. В мировом земледелии (преимущественно в Северной Америке и Европе) возделывают сиды острую, кубинский джут, содержащие в стеблях 15—20% волокна. Волокно сиды белое, по крепости не уступает джутовому, но более хрупкое.

Новозеландский лен или формиум— многолетнее травянистое растение с мечевидными листьями длиной до 3м. Листья содержат прочное волокно, используемое для производства шпагата, веревок, морских снастей, циновок, ма-

тов. Новозеландский лен произрастает на островах Новая Зеландия и Норфолк, образуя обширные заросли на влажных равнинах и склонах гор; выносит морозы до -10°C . Культивируется во многих субтропических странах как техническое и декоративное растение. На Черноморском побережье Кавказа новозеландский лен выращивают в садах, парках и на небольших плантациях.

Юкка – род древовидных вечнозеленых растений семейства агавовых. Стебли достигают высоты до 12 м, листья мечевидные, жесткие, длина часто более 1 м. Из листьев получают волокно, используемое на мешковину, веревки, плетеные изделия. В Крыму и на Кавказе выращивают как декоративные растения.

Абака – жесткое лубяное волокно, извлекаемое из листьев многолетнего тропического растения абака (текстильный банан). Волокно абака еще называют манильской пенькой.

Сизаль – жесткое, грубое натуральное волокно, получаемое из листьев агавы (*sisalana*), иногда сизалем называют само растение. Волокна выделяют из свежих листьев без какой-либо обработки, выход составляет около 3,5 %, длина элементарного волокна 2,5 см, технического 0,6–1,5 м. Волокна блестящие, желтоватого цвета, по прочности сизаль уступает абаке и характеризуется большей ломкостью, чем пенька. Идет на изготовление канатов, сетей, веревок, шпагата, половиков, упаковочных и других грубых тканей; из отходов производят бумагу, главным образом оберточную. Главные экспортеры – Танзания, Кения, Ангола, Бразилия.

Из листьев близкого вида агавы *fouteroydes* добывают мексиканский сизаль, который также называют юкатанский сизаль или **генекен**. Из листьев агавы *santala* добывают волокно **канталу**.

Часть волокон растительного происхождения получают с поверхности семян, плодов, к ним относят хлопок, капок, койр.

Капок – это волоски из плодов сейбы (*Seibapentandra*). Сейбу часто называют хлопчатым или хлопковым деревом. Культивируют сейбу в тропических странах обоих полушарий, особенно много выращивают ее в Азии. Волокна образуются на внутренней стороне створок плодов – коробочек (не на семенах). Длина волокон 10–35 мм, диаметр 0,02–0,04 мм. Волокна мягкие, белые или буроватые, не смачиваются водой и не сваливаются. К действию воды капок в несколько раз более стоек, чем пробка. Волокно применяют для набивки спасательных кругов и жилетов, мягкой мебели, матрацев и подушек, а также как звукоизоляционный и теплоизоляционный материал.

Койр – волокно из оболочек плодов кокосовой пальмы. Это одревесневшие сосудистые пучки красно-коричневого цвета, длиной 15–33 см, толщиной 0,05–0,3 мм. Лучшее волокно получают из незрелых орехов, которые вымачивают в морской воде, затем волокна вычесывают. Самые длинные (25,4–30,5 см) и средние (20,3–25,4 см) волокна идут на изготовление койровой нити, из которой делают маты, циновки, не намокающие и не тонущие в воде веревки и канаты, рыболовные сети.

Грубое одревесневшее волокно зрелых орехов идет на изготовление щеточных изделий, короткое и запутанное волокно – на набивку матрасов и подушек. Из волокон листьев изготавливают канаты, циновки, щетки. Производят койр главным образом в Индии и на о. Шри-Ланка (Цейлон).

Наиболее часто используемыми в текстильной отрасли являются волокна хлопка и льна.

2.1 ХЛОПОК

Хлопок – волокно, покрывающее семена растения хлопчатника. Волокна вместе с семенами называются хлопком-сырцом, а после отделения их от семян получают хлопок-волокно. Волокна с длиной более 20 мм называют хлопок-волокно, из него вырабатывают пряжу и текстильные полотна. Волокна с длиной от 5 до 20 мм называют пухом и используют при производстве ваты, нетканых полотен и искусственных волокон. Волокна с длиной до 5 мм называют подпушком (применяют при изготовлении лаков, красок).

Хлопчатник – однолетнее теплолюбивое растение семейства мальвовых. Наибольшее распространение получили два вида хлопчатника:

1. Барбадосский, дающий тонковолокнистый хлопок со средней длиной волокна 34/35–40/41 мм. Волокно наиболее тонкое, прочное и шелковистое, используется для выработки высококачественных тонких тканей.

2. Волосистый хлопчатник, дающий средневолокнистый хлопок со средней длиной волокна 24/25–34/35 мм. Используется для изготовления пряжи средней толщины, идущей для получения тканей средней толщины.

Лучшее по качеству волокно дает барбадосский хлопчатник, но наиболее распространенным видом является волосистый хлопчатник.

Зона выращивания хлопчатника ограничивается полосой между 43° северной и 35° южной широты. Посевы хлопчатника в основном размещаются в зоне сухих субтропиков, где температура воздуха достаточно высока, а недостаток влаги возмещается искусственным орошением.

Через 11-12 недель после посева хлопчатник зацветает. Цветок живет один день, образуется завязь, из которой развивается плод – коробочка. Коробочка разделена перегородками на 3-5 створок, в каждой находится по 6-9 семян. Некоторые клетки на поверхности растущих семян начинают удлиняться, и из каждой такой растительной клетки образуется волокно хлопка. На каждом семени растет 7000-15000 волокон.

В начале развития волокно имеет вид тонкостенной трубочки (толщина стенок 0,2-0,5 мкм), заполненной протоплазмой. Внешний поперечник достигает максимальных размеров через несколько дней и затем не меняется. В течение 30-40 дней трубочка растет в длину и в последующие 20-30 дней происходит созревание волокна, заключающееся в каждодневном послойном отложении целлюлозы на внутренних стенках трубочки. Целлюлоза синтезируется из протоплазмы и откладывается в виде макромолекул по винтовым линиям. Угол

наклона винтовых линий к оси волокна составляет 25-40°. Каждый день направление витков меняется, становится то правым (обозначается Z), то левым (обозначается S). Затем остатки протоплазмы высыхают, стенки трубочки сплющиваются в разных направлениях и волокно скручивается. По мере созревания наружный диаметр волокна не изменяется, а внутренний уменьшается. В начале созревания хлопкового волокна отношение этих диаметров составляет 1,05. Коэффициент зрелости такого волокна условно принимают равным нулю. У перезрелого волокна коэффициент зрелости равен 5.

В одной коробочке содержатся семена, а следовательно и волокна разной степени зрелости. Незрелые тонкостенные волокна обладают низкой прочностью и легко разрываются при переработке, а так же плохо окрашиваются. Для зрелых волокон характерно наличие штопорообразной извитости.

Когда созревание закончено, волокно подсыхает, и стенки его спадают, волокно приобретает вид извитой ленточки. Наличие извитости повышает цепкость волокна, что способствует повышению прочности нитей при прядении.

Установлено 11 степеней зрелости хлопкового волокна, от 0,0 (незрелое волокно) до 5,0 (предельно зрелое волокно) с интервалом 0,5. На рисунке 2.3 представлены продольный вид и поперечные срезы волокон хлопка различной степени зрелости.

Коробочки раскрываются не одновременно (рис. 2.4) и хлопок собирают в несколько приемов (3-4 приема). Поступающий на хлопкоочистительные заводы хлопок-сырец проходит следующие технологические процессы: очистку от сора, песка, пыли, незрелых семян, остатков стеблей, створок коробочек, камней и других примесей; отделение волокон от семян и прядильного волокна от пуха; прессования хлопкового волокна в кипы. В массе в основном находятся волокна средней степени зрелости.

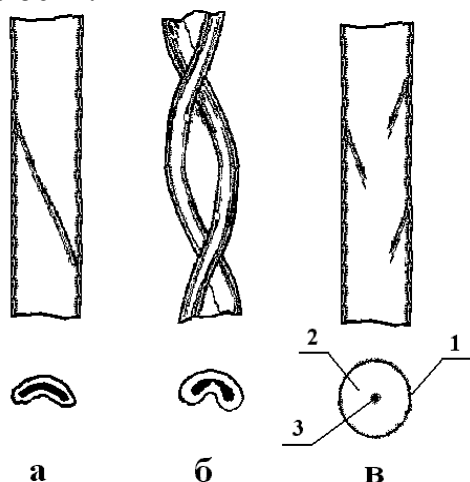


Рисунок 2.3 – Волокна хлопка под микроскопом: а – незрелое волокно, б – волокна средней зрелости, в – волокна предельной зрелости; 1 – первичная стенка, 2 – вторичная стенка, 3 – канал



Рисунок 2.4 – Коробочка хлопка

Свойства хлопка. Зрелое хлопковое волокно состоит в основном из целлюлозы (97–98 %), жира (2 %), воска, пектиновых и белковых веществ, минеральных примесей (1 %). В процессе первичной обработки из хлопка-сырца можно получить приблизительно 34–40 % хлопкового волокна, 3–5 % пуха, 10 % угаров и 50–62 % семян.

Линейная плотность волокон у средневолокнистого хлопка – 0,16-0,22 текс, длинноволокнистого хлопка – 0,13-0,15 текс.

Длина и толщина волокон зависят от сорта хлопчатника. Средний размер диаметра поперечного сечения волокон 15-25 мкм. Коротковолокнистый хлопок (длиной 20-27 мм) перерабатывается в толстую и пушистую пряжу, предназначенную для изготовления байки, фланели, бумазеи и других тканей. Из средневолокнистого хлопка (с длиной 28-34 мм) вырабатывают пряжу средней толщины, предназначенную для тканей типа ситец, бязь и т.д. Из длинноволокнистого хлопка (длиной более 35 мм) вырабатываются наиболее высококачественные ткани типа батиста, маркизета и др. Хлопок длиной менее 20 мм называют непрядным, т.к. из него невозможно выработать пряжу.

Извитость хлопковых волокон зависит от их зрелости. Незрелые волокна не имеют извитости, зрелые волокна имеют наибольшую извитость. Средневолокнистое хлопковое волокно имеет 60 - 75 извитков на 1 см длины, а длинноволокнистое – 90.

Прочность волокон зависит от степени их зрелости и в среднем разрывная нагрузка волокна равна 5 сН, относительная разрывная нагрузка – 27-36 сН/текс, удлинение волокон при разрыве составляет 7-8%. Хлопчатобумажные ткани мнутся, т.к. приблизительно 50% от общей деформации составляет пластическая ее часть.

Волокна имеют белый или слегка кремовый цвет. Однако существуют сорта хлопчатника, дающие волокна зеленоватого или бежевого цветов. Красящий пигмент находится в кутикуле, т. е. в поверхностном слое волокна.

Хлопок имеет высокую гигроскопичность. При нормальных условиях ($t=20^{\circ}\text{C}$, $\varphi=65\%$) хлопок содержит 8÷9% влаги. При относительной влажности воздуха 100% содержание влаги (водопоглощение) достигает 20%. Хлопок бы-

стро впитывает влагу и быстро ее отдает, т. е. быстро высыхает. В мокром состоянии волокна набухают, и их прочность возрастает на 15-17%.

Под действием кислот хлопок разрушается, при длительном их воздействии на хлопчатобумажную ткань прочность ее резко снижается. Под действием концентрированной серной кислоты волокна обугливаются.

Под действием едкой щелочи волокна набухают, их извитость исчезает, поверхность становится гладкой, блестящей, прочность повышается и улучшается способность к окрашиванию. Обработка хлопчатобумажных тканей 18%-ным раствором едкого натра называется мерсеризацией и используется в процессе отделки тканей на производстве.

В присутствии кислорода воздуха действие едкой щелочи вызывает окисление целлюлозы и снижает прочность волокна.

Хлопок растворяется под действием медно-аммиачного комплекса, т. е. раствора гидроксида меди в нашатырном спирте. Если к полученному раствору добавить воды, концентрация нашатырного спирта снижается, и целлюлозная масса выпадает в осадок в виде коллоидного раствора.

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

Под действием светопогоды хлопок, как и все органические волокна, постепенно теряет прочность. В результате действия солнечного света в течение 940 часов прочность снижается на 50%.

Волокна хлопка имеют хорошую термостойкость. Нагревание до 130°C вызывает лишь незначительное ухудшение механических свойств. При нагреве свыше 150-160°C разрушение их идет более интенсивно и при 250°C волокна обугливаются.

Волокна хлопка горят желтым пламенем и сгорают полностью, образуя серый пепел. При сжигании волокна ощущается запах жженой бумаги.

2.2 ЛЕН

Лен – травянистое однолетнее растение. Наибольшее распространение получил обыкновенный лен двух видов: лен-долгунец и лен-кудряш.

Из льна-долгунца получают длинное, гибкое, хорошо дробящееся при обработке на чесальных машинах волокно. Стебель льна-долгунца не имеет разветвлений, длина его достигает 100-120 см, а иногда и больше. Диаметр стебля – 0,8-2,5 мм.

Лен-кудряш имеет более низкий и толстый стебель с большим количеством разветвлений. Из семян этого льна получают масло для приготовления олиф и лаков. Из льна-кудряша получают грубое, короткое и хрупкое волокно, которое не может быть использовано для производства пряжи даже средней толщины.

Вегетационный период льна 75–90 дней. Примерно через месяц после всходов начинается бутонизация, а затем цветение льна. В это время происхо-

дит наиболее интенсивный рост длины стеблей растений и массовое развитие в них волокнистых пучков. Убирают лен выдергиванием в период ранней желтой спелости (через 5-6 недель) – когда стебель приобретает золотистый цвет, а верхние семенные головки начинают буреть. Снаружи стебель льна (рис. 2.5 в) покрыт тонкой пленкой 1 (кутикулой), пропитанной воскообразным веществом. Под ней расположена кожица 2 и кора 3, которые вместе называют лубяным слоем. В коре располагаются клетки двух видов: паренхимные и прозенхимные. Паренхимные клетки развиваются равномерно во всех направлениях, они содержат запасы питательных веществ и служат для связывания всех элементов коры.

Прозенхимные клетки 4 в процессе роста значительно удлиняются, они располагаются вдоль стебля и являются элементарными волокнами льна. Прозенхимные клетки склеиваются между собой пектиновыми веществами в пучки по 15–30 волокон, образуя комплексные (технические) волокна льна. В поперечном сечении стебля обычно 20–25 пучков, общее число волокон 250–650. Волокнистые пучки хорошо развиты по всей длине стебля и за счет боковых ответвлений, переходящих из одного пучка в другой, образуют в стебле сетчатый волокнистый слой. Плотнo сформировавшиеся пучки волокон с граненой формой сечения обычно свидетельствуют о хорошем качестве технического волокна.

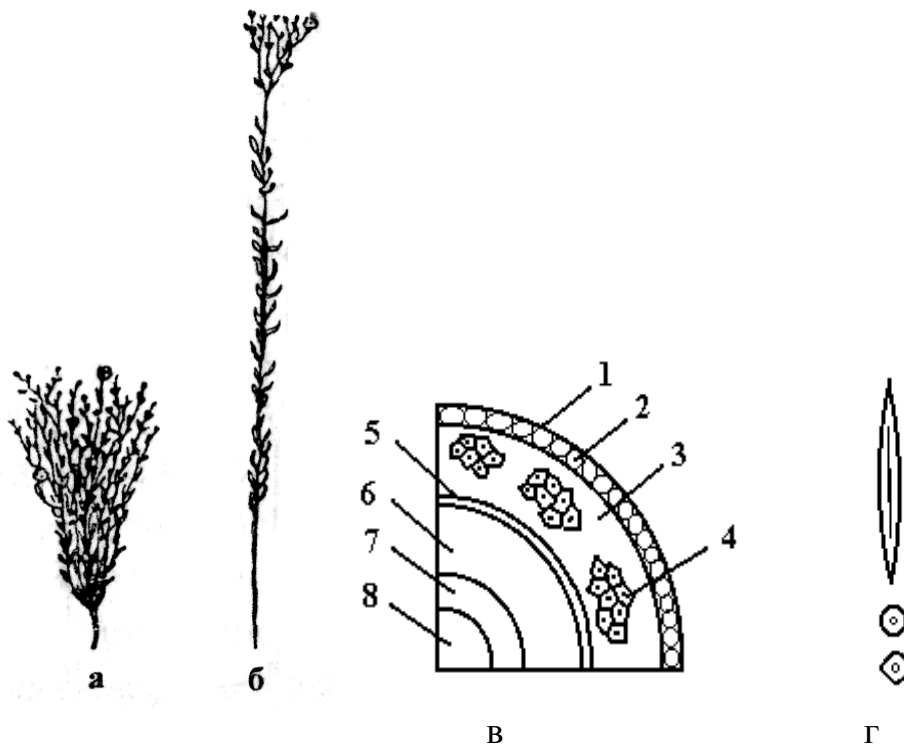


Рисунок 2.5 – Внешний вид и строение льна: а – лен-кудряш, б – лен-долгунец, в – срез стебля льна, г – элементарное волокно льна

Следующий слой 5 называется камбий, затем идут древесина, сердцевина 7 и полость 8.

Элементарное волокно (рис. 2.5 г) представляет собой растительную клетку веретенообразной формы с узким каналом и заостренными концами. В первичной и вторичной стенках фибриллы расположены по спирали с углом наклона $8-12^\circ$ к оси волокна. По мере приближения к каналу угол наклона фибрилл уменьшается и может достигать 0° .

Слоистая структура волокна образуется в результате постепенного отложения целлюлозы на его стенках. Длина элементарного волокна составляет в среднем 10–38 мм, поперечник – 12–37 мкм.

Первичная обработка льна состоит из процессов отделения волокнистого слоя от соседних тканей, удаление влаги, мятья, трепания и прессования льно-волокна в кипы. Продукт, получаемый при разъединении волокнистого слоя и соседних тканей, называют трестой. Тресту получают биологическим, физическим и физико-химическим способами.

При биологическом способе разрушение пектиновых веществ происходит в результате жизнедеятельности различных организмов (грибов, бактерий), которые в процессе замачивания льна развиваются на его стеблях. Биологический способ предусматривает расстиланье льна на полях, в результате воздействия влаги, тепла и микроорганизмов в корковом слое нарушаются связи пучков волокон с окружающими их тканями. Затем сухая треста подвергается мятью для измельчения и удаления древесного слоя и трепанию. После трепания получают трепаный лен (длинное волокно) и волокнистые отходы.

Физический способ получения тресты основан на пропаривании льно-соломки в специальных котлах (автоклавах) паром под давлением до 100 кПа, вследствие чего происходит гидролиз пектинов. Физико-химический способ состоит в том, что вначале сплющивают стебли соломки, а затем обрабатывают ее растворами соды и серной кислоты с последующим удалением продуктов распада примесей в целлюлозе.

Наиболее эффективным способом первичной обработки льна является физико-химический.

Треста обрабатывается на мьяльных машинах с целью размельчения и частичного удаления древесины стеблей. Продукт, полученный на мьяльных машинах, называют льно-сырцом. Этот продукт затем подвергается процессу трепания на трепальных машинах и таким образом очищается от костры (измельченной древесины). Продукт трепания – длинное волокно и отходы. Длинное волокно называют трепаным льном. Отходы представляют собой заостренное волокно, которое проходит дополнительную обработку. Выход трепанного льна составляет 13-15 % от массы льняной соломы, а короткого волокна – 8-10 %. В процессе сортировки трепаный лен, одинаковый по длине, цвету, прочности, чистоте и другим признакам, комплектуют в отдельные партии. Каждая партия льна прессуется в кипы и отправляется на переработку. Переработка партий ведется раздельно.

Выделенные после трепания волокна подвергают гребнечесанию, в результате чего получают пряжи длинных очищенных комплексных (техниче-

ских) волокон чесаного льна и короткие волокна – очесы. Чесаный лен используют на получение гребенной пряжи, из которой изготавливают качественные бытовые ткани. Очесы, вместе с короткими волокнами, полученными из отходов трепания, используют для получения оческовой пряжи, идущей на производство грубых тканей и крученых изделий, либо для получения котонина–хлопкоподобного льняного волокна.

В процессе котонизации длина пучков очеса уменьшается и технические волокна разделяются до уровня элементарных. В настоящее время применяются несколько способов котонизации: химический (за счет разрушения пектина и лигнина химическими реагентами); механический (путем разрезания или разрыва волокнистой ленты); механохимический и биологический (путем расщепления химических веществ ферментами). Котонизированные волокна получают длиной 25–35 мм и тониной 14–100 мкм, их используют в смеси с хлопком, шерстью, вискозой и другими волокнами.

Свойства льна. Льняное волокно состоит из целлюлозы (80%), пектиновых (3,3%), воскообразных веществ (2,5-3%), лигнина (2%), белков (3,75%), золы (1%) и др.

Комплексные льняные волокна имеют линейную плотность 1,5-8 текс. Линейная плотность элементарного волокна – 0,16-0,14 текс.

Длина технических волокон зависит от высоты стебля растения и степени дробления волокон в процессе трепания и чесания. В среднем длина равна 250-400 мм.

Прочность элементарного волокна, характеризуемая разрывной нагрузкой, равна 10-20 сН, а удлинение при разрыве 2-3%. Даже при небольших нагрузках (25% от разрывной) на долю остаточной деформации приходится до 60-70%. Этим объясняется большая сминаемость льняных тканей и изделий из них.

Цвет волокон– от светло-серого до темно-серого.

Физико-химические свойства льна близки к свойствам хлопка. Гигроскопичность льна при нормальных условиях равна 12%. Лен быстро впитывает и отдает влагу. Под действием воды прочность элементарных волокон увеличивается, а технического льна – уменьшается, т.к. ослабляется связь между отдельными пучками волокон. При намокании ткани из льна становятся практически водонепроницаемыми, поэтому льняные ткани используют при производстве брезентов и палаток. Особенностью льна является его высокая теплопроводность, поэтому на ощупь волокна льна всегда прохладны. Эти свойства делают лен незаменимым для летней одежды.

Действие кислот и щелочей на лен аналогично их действию на хлопок. Волокна льна труднее окрашиваются и труднее отбеливаются, чем хлопок, т.к. имеют интенсивную природную окраску.

В отличие от хлопкового льняное волокно имеет сравнительно толстые стенки, узкий канал, закрытый с обоих концов, поверхность волокна более ровная и гладкая, поэтому льняные ткани меньше, чем хлопчатобумажные, загряз-

няются и легче отстирываются. Эти свойства льна особенно ценны для бельевых полотен. Содержание в льняном волокне лигнина делает его устойчивым к действию света, погоды, микроорганизмов. Льняное волокно термически устойчиво – разрушение происходит при температуре +130-140 °С. Эффект мерсеризации менее заметен, чем у хлопка, т.к. волокна имеют естественный природный блеск.

При кипячении в мыльно-содовых растворах из-за растворения пектиновых веществ волокна становятся светлее и мягче.

Под действием прямых солнечных лучей в течение 990 часов прочность льна снижается на 50%, т. е. стойкость льна к свету несколько выше, чем хлопка. Горит лен так же, как хлопок.

3. НАТУРАЛЬНЫЕ ВОЛОКНА ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

К натуральным волокнам животного происхождения относят шерсть и натуральный шелк.

Шерстью называют волокна волосяного покрова овец, коз, верблюдов и других животных. Различают шерсть натуральную, заводскую и восстановленную.

Натуральная шерсть – шерсть, состригаемая с животных (овечья, козья и др.), вычёсываемая (верблюжья, собачья, козий и кроличий пух) или собираемая при линьке (коровья, конская). Эта шерсть наиболее высокого качества.

Заводская шерсть – это шерсть, снятая со шкур животных, она менее прочная, чем натуральная.

Восстановленная шерсть – шерсть, получаемая расщипыванием шерстяного лоскута, тряпья, обрывков пряжи. Эти волокна шерсти наименее прочные.

Заводская и восстановленная шерсть может использоваться в текстильной промышленности для изготовления недорогих суконных тканей.

Основную массу шерсти, перерабатываемой промышленностью, составляет овечья, значительно меньшее количество получают с коз, верблюдов, яков, кроликов, зайцев, лошадей, коров, оленей, собак и других животных.

Волокна шерсти растут на коже животного группами, образуя элементарные комплексы волокон. Эти комплексы объединяются в мелкие пучки-косички, которые в свою очередь образуют более крупные пучки волокон. Такие пучки волокон в однородной шерсти называют штапелями, а в неоднородной – косицами. Штапели и косицы соединены между собой связывающими волокнами – перебежчиками, растущими на кожных швах животного и прорастающими из одного пучка волокон в другой.

Образованию пучков кроме соединительных волокон способствуют также извитость шерсти, ее густота и жиропот. Благодаря этому во время весенней стрижки шерстяной покров овец большинства пород снимается в целом виде – руном.

Таким образом, штапели и косицы являются элементарными составными частями руна и имеют все характерные особенности шерсти, присущей овцам данной породы. Особенно хорошо связаны между собой волокна в рунах мериносовых овец: если растянуть руно тонкой мериносовой шерсти, то оно не разделится на отдельные части и будет представлять собой единое целое.

Лучшая **овечья** шерсть от мериносов. Эта шерсть в настоящее время поставляется в основном Австралией. Мериносы дают шерсть не только самого лучшего качества, но и в самых больших количествах: до 10кг с одной овцы за одну стрижку. Из шерсти тонкорунных овец изготавливают наиболее дорогие платьевые и костюмные гребенные ткани. Полутонкую однородную, менее нежную шерсть дают овцы цигейской, куйбышевской и некоторых других пород. Такая шерсть более жесткая и упругая, используется для костюмных тканей. Овечья шерсть используется для производства различных тканей, трикотажа, ковров, валяльно-войлочных изделий.

Козья шерсть в основном неоднородная. Характеризуется низкими технологическими качествами, плохой прядомостью и валкостью. Вследствие этого у коз с неоднородной шерстью используют преимущественно пух, вычесываемый с животных. Из пуха изготавливают вязаные изделия. Козы ангорской и советской шёрстной пород дают однородную полутонкую шерсть (мохер), состоящую из переходного волоса, отличающуюся люстровым блеском и прочностью. Козий пух вместе с мериносовой шерстью употребляется для выработки тонких сукон и трикотажа. Кашемир – шерсть кашмирских коз (родина – Гималаи).

Верблюжья шерсть – неоднородная. Цвет – от белого до тёмно-коричневого. Отличается высокой прочностью и упругостью, хорошим блеском и малой свойлачиваемостью. Используется для изготовления высококачественного бобрика, одеял, пледов, трикотажа; из грив изготавливают приводные ремни, салфетки для маслобойной промышленности.

Шерсть **яков** неоднородная, используется в производстве сукон.

Шерсть **кроликов**, отличающаяся тониной, хорошей эластичностью и свойлачиваемостью. Это ценное сырьё для фетровой промышленности. Из пуха кроликов пуховых пород, вычесанных с животных, изготавливают трикотаж и фетр. Ангорская шерсть – шерсть ангорских кроликов (родина – Англия).

Конская шерсть – сырьё низкого качества, идёт для производства грубых войлоков, собирается при линьке животного. Из волоса конской гривы мастера Якутии и Бурятии плетут ковры.

Коровья шерсть обладает хорошей свойлачиваемостью, используется в основном в валяльно-войлочном производстве. Собирается шерсть при линьке животного.

Оленья шерсть содержит большое количество мёртвого волоса, используется в седельном, матрацном, мебельном производстве и как изоляционный материал.

Собачья шерсть в основном используется в виде вычесываемого пуха, из которого изготавливают кустарные вязаные изделия.

В небольшом количестве используют шерсть лам, викуни, гуанако, альпака и других животных.

Шелком называют нити, являющиеся продуктом выделения особых, так называемых шелкоотделительных желез гусениц шелкопрядов перед превращением их в куколки. Промышленное значение имеет шелк, получаемый от гусениц **тутового шелкопряда**, который питается листьями тутового дерева (шелковицы). Производство шелка этого вида достигает 90 % всего мирового производства натурального шелка. Этот шелкопряд сильно изнежен и в природных условиях не живет.

В небольшом количестве используются коконы дубового шелкопряда. В Белоруссии было выведено два вида шелкопряда, которые приспособлены к существующим климатическим условиям. Кормом для них служит лист берёзы или ивы.

3.1 ШЕРСТЬ

Обладая такими ценными качествами, как низкая теплопроводность, большая влагопоглощаемость, шерсть является ценным материалом для тканей, трикотажа, ковров и других текстильных изделий.

В странах СНГ основную массу натуральной шерсти получают с овец (97-98%), немного с коз (до 2%), верблюдов (менее 1%), а также кроликов и других животных. В целом на долю натуральной шерсти приходится около 97%, а восстановленной 2-3%.

Шерстяные волокна состоят из трех основных слоев (рис. 3.1): чешуйчатого, коркового и сердцевинного.

Чешуйчатый слой или кутикула (1) – это наружный слой, который состоит из отдельных чешуек и защищает тело волоса от разрушения. От вида чешуек и их расположения зависит степень блеска волокна и его способность сваливаться (скатываться, сваливаться). Каждая чешуйка состоит из трех слоев: эпикутикула, экзокутикула и эндокутикула, отличающихся по химическому составу.

Второй слой – корковый (2) является основным, образован длинными веретенообразными клетками кератина, длина которых 80-100 мкм и толщина 3-10 мкм. Они располагаются вдоль оси волокна, их окружает и склеивает вместе так называемое межклеточное вещество, состоящее из низкомолекулярных белковых веществ.

Сердцевинный слой (3) находится в центре волокна и состоит из рыхлых тонкостенных клеток, наполненных воздухом. Чем грубее волокно, тем толще сердцевинный слой, тем меньше относительная прочность волокна.

В текстильной промышленности, в основном, перерабатывают овечью шерсть, в которой встречаются волокна четырех типов (рис.3.2).

В зависимости от соотношения отдельных слоев волокна шерсти подразделяются на четыре типа.

Пух (а)– наиболее тонкое, мягкое, прочное и извитое волокно. Диаметр пуха 5-30 мкм. Волокно состоит из двух слоев: наружного – чешуйчатого и внутреннего – коркового. Чешуйки имеют кольцеобразное строение, с неровными краями, как бы вставленными друг в друга, толщина чешуйки около 1 мкм, длина зависит от вида шерсти.

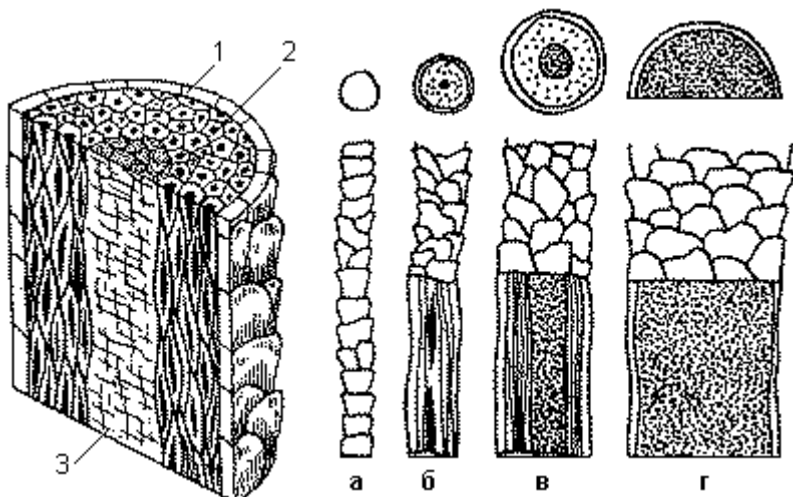


Рисунок 3.1 – Строение шерстяного волокна

Рисунок 3.2 – Типы шерстяных волокон

Переходный волос (б) более толстый и жесткий, чем пух. Поперечник волокна равен 30-50 мкм. По длине, извитости, прочности переходное волокно напоминает пух, но кроме чешуйчатого и коркового слоя переходный волос имеет очень тонкий и прерывистый сердцевинный слой.

Ость (в)– грубое, прямое или малоизвитое волокно. Остевые волокна обычно длиннее пуха и состоят из трех слоев: чешуйчатого, коркового и сердцевинного, который хорошо развит вдоль всей длины волокна. Поперечник ости находится в пределах 50-120 мкм. Чешуйки ости напоминают черепицу или рыбу чешую: по окружности располагается по несколько чешуек. Чем чешуйки крупнее и чем они плотнее расположены на волокне, тем сильнее блеск шерсти. На 1 мм длины волокна приходится 40-50 чешуек.

Мертвый волос (г) представляет собой грубое волокно с сильно развитым сердцевинным слоем, занимающим 90% поперечного сечения. Толщина волокна более 120 мкм, но, несмотря на свою толщину, этот волос является слабым волокном, бесцветным, тусклым и ломким. Чешуйки у мертвого волоса такие же, как у ости. Мертвый волос не поддается свойлачиванию и не окрашивается, он встречается у грубошерстных овец.

Шерсть, состоящая из волокон одного вида, называется однородной, а из смеси волокон разного вида – неоднородной.

В зависимости от тонины и однородности шерсть делится на тонкую, полутонкую, полугрубую и грубую.

Тонкая шерсть является однородной и состоит из тонких пуховых волокон со средним поперечником 14-25 мкм. Её получают с тонкорунных пород овец и применяют для выработки высококачественных шерстяных камвольных и суконных тканей.

Полутонкая шерсть также относится к однородной и состоит из более толстых пуховых волокон и переходного волокна, имеющих поперечник 25-31 мкм. Получают её с полутонкорунных и некоторых помесных овец и применяют для выработки различных камвольных костюмных и пальтовых тканей.

Полугрубая шерсть бывает однородной (поперечник 31-40 мкм) и неоднородной. Полугрубую неоднородную шерсть получают с помесных пород овец. Шерсть применяется для выработки полугрубых суконных костюмных и пальтовых тканей.

Грубая шерсть обычно является неоднородной. Её получают с грубошерстных пород овец. Применяется для выработки грубосуконных тканей.

Первичная обработка шерсти складывается из следующих операций: сортировка, разрыхление, трепание, промывка, сушка и прессование.

Свойства шерсти. Длина шерсти имеет большое значение для процесса прядения. Тонкая и полутонкая шерсть имеет среднюю длину 50-100 мм, полугрубая и грубая – 50-200 мм.

Извитость шерсти характеризуется числом извитков на 1 см. Различают следующие формы извитости: гладкую, растянутую, плоскую, нормальную, сжатую, высокую и петлистую.

Прочность шерстяных волокон зависит от их толщины и строения. Можно считать, что тонкая шерсть имеет разрывную нагрузку порядка 6-12 сН и разрывное удлинение 30-40%. Грубая шерсть имеет разрывную нагрузку 20-35 сН и разрывное удлинение 25-35%. Износостойкость тонкой шерсти выше, чем грубой. Это объясняется тем, что сердцевинный слой грубых волокон состоит из плоских рыхлых клеток, в основном заполненных воздухом.

Цвет шерсти тонкорунных овец белый, слегка кремовый. Грубая шерсть подразделяется по цвету на белую, серую и цветную.

Блеск шерсти зависит от размера и формы чешуек. Крупные, плотно прилегающие чешуйки придают шерсти наибольший блеск. Мелкие, неплотно прилегающие чешуйки, увеличивают матовость волокна.

Свойлачиваемость – это способность шерсти в процессе валки образовывать войлокообразный застил. Это свойство объясняется наличием на поверхности шерсти чешуек, препятствующих перемещению волокна в направлении, обратном расположению чешуек. Наибольшей способностью свойлачиваться обладает тонкая, упругая, сильно извитая шерсть.

Шерсть при нормальных условиях поглощает 13-16% влаги от своей массы, т. е. обладает наибольшей гигроскопичностью. Она медленно впитывает влагу и медленно отдаёт её в окружающую среду. Под действием тепла и влаги

волокно приобретает способность удлиняться до 60%. На способности шерсти менять степень растяжимости и усадки при влажно-тепловой обработке основано проведение таких операций, как сутюживание, оттягивание и декатировка.

Шерсть обладает таким полезным свойством для одежды зимнего ассортимента, как низкая теплопроводность. Долгое время считали, что это связано с невысокой теплопроводностью кератина. Последние исследования показали, что данное свойство в основном зависит от наличия в шерстяном волокне множества воздушных полостей, которые медленно нагреваются и медленно отдают тепло.

Шерсть устойчива к действию всех органических растворителей, применяемых при химической чистке одежды. Шерсть обладает амфотерными свойствами и вступает во взаимодействие с кислотами и щелочами.

При кипячении шерсть растворяется уже в 2%-ном растворе едкого натра. Шерсть разрушается при действии только концентрированных кислот, не растворяется в феноле и ацетоне.

Шерсть начинает терять прочность при нагревании до температуры 110°C и выше.

Стойкость к светопогоде у шерсти значительно выше, чем у хлопка и льна. Прочность волокон уменьшается на 50% при облучении её прямыми солнечными лучами в течение 1120 часов.

При горении шерсти ощущается запах жжёного рога, при вынесении из пламени горение прекращается.

3.2 ОСНОВНЫЕ ВИДЫ И ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ШЕРСТИ

В текстильной промышленности для производства тканей, ковров и трикотажа применяют в основном овечью, козью, верблюжью шерсть.

Разные виды шерсти обладают отличительными особенностями, которые зависят во многом от среды обитания животного. Чем более суровый климат – тем качественнее полученное сырье.

1. Овечья шерсть.

Овечья шерсть определенно является одним из первых материалов, который человек научился применять себе на пользу. На это указывает даже историческое название Вавилон: согласно одному из вариантов перевода, это слово должно означать буквально "страна шерсти". Овечья шерсть, состоящая из белкового соединения кератина, представляла собой, несомненно, наиболее распространенное и самое важное сырье для изготовления тканых и узелковых ковров. Она используется и сейчас как для создания ворса, так и, отчасти, в качестве материала нитей основы и уточных нитей тканой основы ковра, главным образом при плетении ковров кочевниками и полукочевниками (рис. 3.3).

В сфере восточных ковров существует разделение между высокогорной и низменной шерстью. Под таковым понимается не принятая в текстильной терминологии дифференциация, различающая отечественные сорта шерсти стран-

производителей ковров ручной выработки, в которых овцы пасутся преимущественно в горах, и импортированные сорта шерсти, приобретаемые для производства ковров, в основном, в Новой Зеландии. Эта классификация соответствует принятому в текстильной терминологии различию между овцами со смешанной шерстью и овцами с чистой шерстью или тонкорунными овцами. В случае восточных пород овец речь идет об овцах со смешанной шерстью; от новозеландских овец с чистой шерстью и тонкорунных овец получают, например, более мягкую, "байковую" мериносовую шерсть. Наиболее известной является так называемая курк- или корк-шерсть, представляющая собой используемую сегодня в Иране пряжу, состоящую наполовину из отечественной шерсти. Состав и происхождение прежней пряжи из курк – шерсти неизвестно. Но во всех случаях речь идет о пряжах для плетения с особенно тонкой нитью, практически бархатистых на ощупь. Какого-либо общеобязательного определения курк-шерсти не существует. Слово "курк" может быть переведено с персидского как "пух". Именно качество шерсти определяет, прежде всего, потребительские качества и износостойкость изделия.



Рисунок 3.3 – Овцы смешанной иранской породы

На качество шерсти оказывают влияние многие факторы. Бывает, что в одной и той же местности среди овец одной породы (и даже у одних и тех же животных) происходит изменение качества шерсти от года к году, от стрижки к стрижке. Не принимая во внимание вопросы селекции и разведения, следует отметить, что решающее влияние на качество оказывают, в первую очередь, связанные с климатом и временами года погодные условия, условия выпаса и водопоя, состояние здоровья животных, а также их возраст и пол. Обычно весенняя стрижка приносит шерсть более высокого качества и в больших количествах. В некоторых местностях отказываются от летней стрижки.

Шерстяной покров (руно), отбираемый при стрижке и характеризующийся еще сильной спутанностью, связанной с естественным свойлачиванием, никогда не отличается единым качеством. Шерсть сортируют на участки, полученные с лопаточной части животного, срезаемую с боков, спины, бедер/шеи, головы/бедер/крестца, глотки/груди, ног/хвоста, а также подшерсток, называемый еще пуховой шерстью. Из одного и того же руна после сортировки получается до десяти различных по качеству участков.

С технических позиций специалистами осуществляется классификация пошерсти по длине ворса. Здесь различают коротковолокнистую и длинноволокнистую шерсть: чем длиннее волос, тем выше качество шерсти. Оцениваются также эластичность, извитость и валкоспособность.

По времени стрижки различают овечью шерсть весеннюю и осеннюю, поярковую и одностригу. Стрижку овец проводят весной (после установления теплой погоды) и осенью (в сентябре) (рис. 3.4.). У овец грубошерстных и полугрубошерстных пород к этому времени она подрунивается, т. е. происходит ослабление связи шерстного покрова с кожей. Если их не остричь вовремя, шерсть начнет теряться в результате линьки.

Овец, дающих однородную шерсть, стригут только один раз в год – весной, а грубошерстных овец, дающих неоднородную шерсть – два раза в год.



Рисунок 3.4 – Стрижка овец

Шерсть осенней стрижки обычно чище, но содержит меньше пуховых волокон, чем шерсть весенней стрижки.

Овцы тонкорунных и полутонкорунных пород не подвержены сезонной линьке, но после зимовки шерсть у них становится сухой и жесткой из-за недостатка жира в руно, она плохо состригается и имеет невысокое качество.

Стрижку можно начинать, когда в руне произойдет накопление жиропота.

Овец тонкорунных и полутонкорунных пород с однородной шерстью стригут один раз в год весной. А ягнят весеннего окота весной следующего года. При зимнем ягнении (январь-февраль) молодняк полутонкорунных пород можно стричь в год его рождения, примерно в августе. Такую шерсть называют поярковой.

Для стрижки применяют электроножницы или специальные машинки.

После стрижки грязную шерсть сортируют в соответствии с заготовительными стандартами (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – Стрижка и первичная сортировка шерсти

На фабрику шерсть поступает в грязном состоянии. Здесь она подвергается сортировке, рыхлению, промывке, сушке и прессованию (рис. 3.6, 3.7). Сортировка предназначена для подбора в партии по физико-механическим свойствам, цвету и состоянию шерсти. Рыхление предусмотрено для деления шерсти на мелкие клочки и очистки ее от крупных растительных и минеральных примесей. Рыхление производят на одно- или двухбарабанных трепальных машинах.

Промывка предназначена для освобождения шерсти от жиропота и других загрязняющих веществ. На современных предприятиях применяют два способа промывки: в мыльно-содовом растворе и с использованием синтетических моющих веществ.

Для промывки шерсти применяют моющие машины, включающие несколько барок (ванна большой емкости со специальными устройствами). Сущность промывки заключается в проникновении моющего раствора между поверхностями загрязненного волокна, смачивании загрязняющих веществ и волокон.

Продуктом промывки является ланолин – сырье для парфюмерной промышленности. Выход чистой шерсти составляет 30 – 70 %. Выход тонкой шерсти ниже, чем грубой.

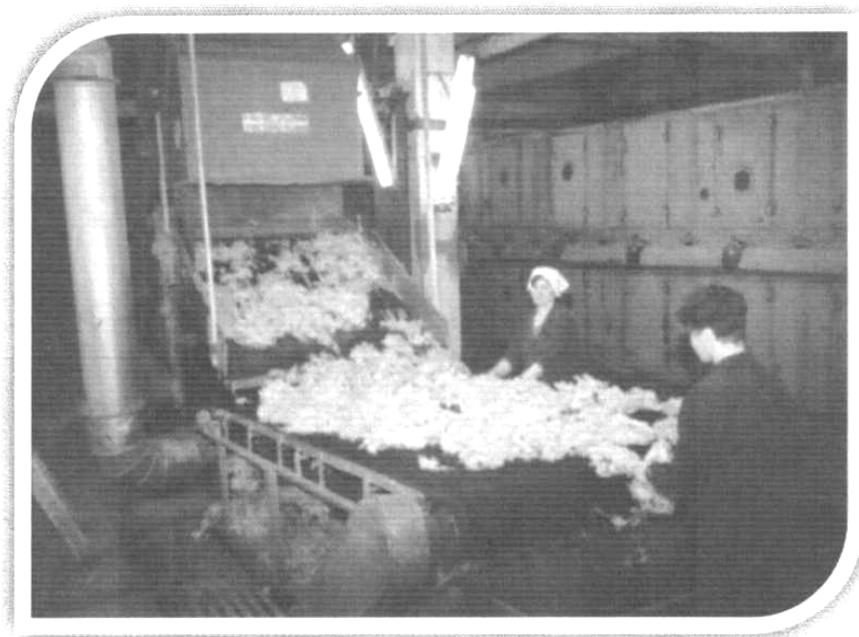


Рисунок 3.6 – Сортировка и разрыхление шерсти на трепальной машине

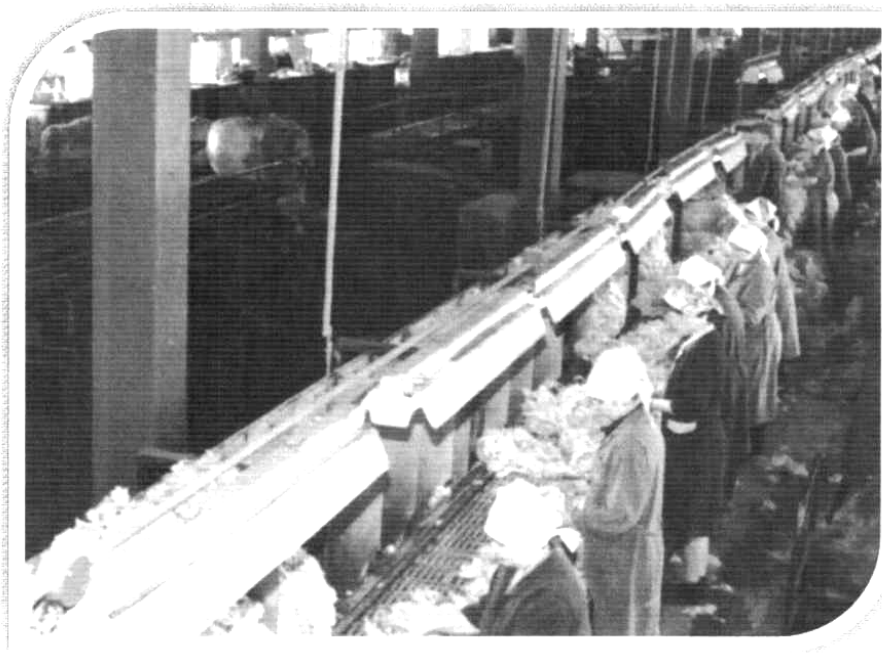


Рисунок 3.7 – Полумеханическая сортировка шерсти

После промывки шерсть отжимают и просушивают. Просушивание шерсти производят горячим воздухом на специальных сушильных машинах. Высушенная шерсть направляется в лабазы (специальные камеры) для вылеживания, после чего она подвергается прессованию. Шерсть прессуют в кипы массой 90–180 кг. Целью прессования является уменьшение объема шерсти, что

существенно снижает стоимость перевозок

МЕРИНОСОВАЯ ШЕРСТЬ (MERINOS) – это шерсть, взятая с холки овцы мериноса (рис. 3.8, 3.9). Мериносы, порода тонкорунных овец, родиной которых считают Переднюю Азию. Впоследствии они распространились в страны Западной Европы, Северной Америки и Австралию.

Сегодня только в Австралии около 150 миллионов мериносов, при этом одна овца в среднем дает до 15 кг шерсти в год (другие породы овец 6-7 кг). Выход чистой шерсти 35-45%.

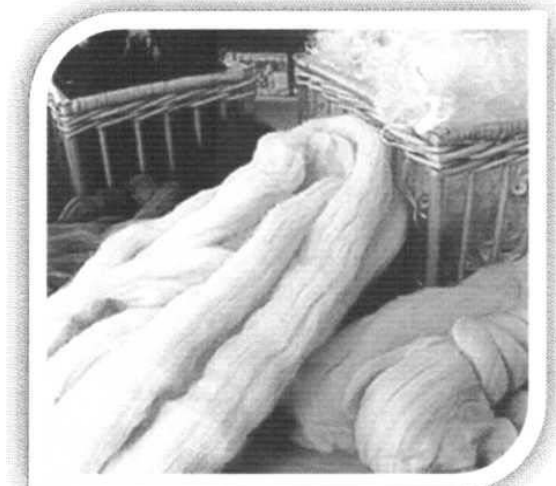


Рисунок 3.8 – Овцы мериносовой породы

Рисунок 3.9 – Пряжа, полученная из мериносовой шерсти

Шерсть мериноса однородна и состоит из очень тонких (13.5-23 мкм) и мягких пуховых волокон (у грубошерстных пород 23-35 мкм). Она длинная (длина шерсти годового роста 6-8 см), белая, теплая, обладает прекрасными теплозащитными свойствами. За счет естественных завитков она отличается упругостью, обладает гипоаллергенными свойствами.

Мериносовая шерсть дороже обычной. Цена лучших партий этой шерсти (14- 16 мкм) на ежегодных аукционах достигала нескольких тысяч долларов за килограмм.

КАШЕМИР WS(CASHMERE) – это тончайший пух (подшерсток) высокогорной козы кашемировой породы, обитающей в районе Тибета и в провинции Кашмир между Индией и Пакистаном. Разводят кашемировых коз также в Австралии, Новой Зеландии и Шотландии (рис. 3.10).

Кашемир – это изысканный, шикарный, ультрамодный, утонченный и справедливо самый дорогой материал. Его часто называют «королевская пряжа», «шерстяной бриллиант» или «драгоценная нить». Кашемировое сырье состоит из нитей, толщиной всего 13-19мкм (человеческий волос – 50мкм), поэтому прикосновение к кашемиру тактильно приятно. Кашемир настолько тонок, что любой оттенок, в который он красится, смотрится как бы сквозь легкую дымку, очень приятную глазу.

Для получения пуха, козу не стригут, а вручную вычесывают один раз в год, весной, во время линьки. При этом одна коза приносит всего 100–200 граммов пуха, а на производство пальто расходуется 1,5–1,8 кг кашемирового полотна, то есть пух 15 животных. Это одна из причин очень высокой цены на изделия из 100% кашемира. Другая причина популярности и дороговизны кашемира – это его исключительная мягкость, легкость, способность сохранять тепло и отсутствие на него аллергических реакций. Популярность кашемира постоянно растет. Особые свойства кашемира, комфортность изделий из него, не смотря на высокую стоимость, обеспечивает ему постоянный устойчивый спрос.



Рисунок 3.10 – Козы кашемировой породы

АЛЬПАКА WP(ALPACA) - это разновидность ламы (рис. 3.11). Обитает в Перуанских Андах на высоте 4000-5000м в экстремальных условиях (яркое солнце, холодный ветер, резкие перепады температур).

Альпака – редкое животное, шерсть ее дорогая. Стригут альпак, в отличие от овец, один раз в год и получают с одного животного всего 3-3,5 кг шерсти. Шерсть альпака обладает исключительными свойствами: она легкая, мягкая, однородная и шелковистая, сохраняющая уникальный шелковистый блеск весь срок службы изделия; изделия из нее обладают повышенными теплозащитными свойствами (в 7 раз больше овечьей), с высокими терморегулирующими свойствами (в ней тепло на холоде и не жарко в тепле); прочная (в 3 раза разрывная нагрузка выше, чем у овечьей шерсти), не подвержена скатыванию, сваливанию и смятию; стойка к загрязнению и не вызывает аллергических реакций. В отличие от чешуйчатых и потому колючих волокон овечьей шерсти, волокна альпаки гладкие и комфортные на ощупь; она имеет самый большой диапазон естественных цветов (22 оттенка: от черного, серого, бордового, коричневого, кремового до белого).



Рисунок 3.11 – Альпака

Подобных качеств нет ни у одного другого вида шерсти. Все перечисленные свойства создают в текстильных материалах, полученных из шерсти альпаки, уникальные эстетические и функциональные свойства.

СУРИ АЛЬПАКА (SURYALPACA). Известны две породы альпаки: **НУАКАУА (УАКАЙЯ)** и **SURI (Сури)** (рис. 3.12).

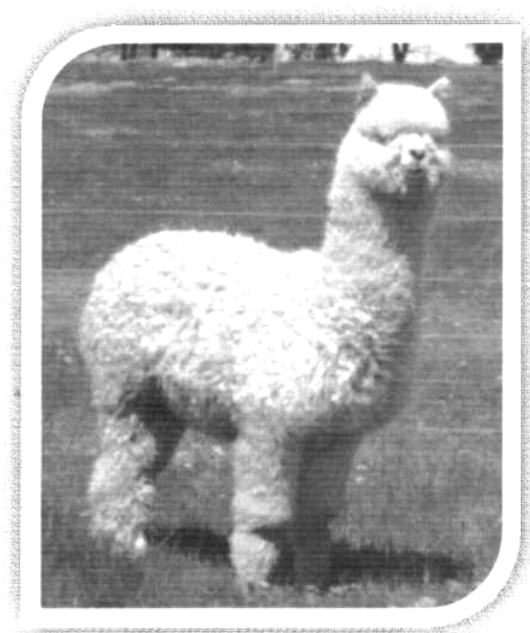
Альпака породы Уакайя наиболее многочисленная и по внешнему виду напоминает пушистого медвежонка. В большинстве случаев именно её имеют в виду под названием «альпака». Сури – самая редкая (всего около 120 тысяч альпак – 5%) и ценная (в 2 раза дороже Уакайя).

По сравнению с Уакайя, руно Сури состоит из более длинных и тонких волокон (19-25мкм) – это равномерные и густые локоны, прямые по всей длине и слегка завитые на концах, они не содержат остевых волос, снижающих качество руна. Шерсть Сури отличается особой мягкостью. В средние века она использовалась в одежде исключительно королевских особ.

В зависимости от толщины волокон руно альпака сортируют на пять категорий качества. Наиболее качественной является шерсть вида «БЭБИ» (20мкм). Если же исходным было руно Сури, то она представляет собой самую лучшую, самую редкую и самую дорогую шерсть альпаки, называемую **БЭБИ СУРИ АЛЬПАКА (BABYSURYALPACA)**. «Бэби Сури альпака» – это альпака самого высшего в мире качества.



Suri Alpaka



НуасаяАлпака

Рисунок 3.12 – Альпака породы SURI (Сури) и HUAQAYA (УАКАЙЯ)

АНГОРА (ANGORA) –это пух ангорских кроликов. Десятилетия назад Китай в ответ на завышение Турцией цены на востребованную шерсть ангорских коз выпустил более мягкую и дешёвую пряжу под названием «Ангора». Как оказалось, это был пух диких кроликов, названных ангорскими. В этих условиях шерсть ангорских коз турки называли «мохер», что по-арабски означает «избранный». Впоследствии ангорских кроликов начали разводить в Европе и США (рис. 3.13).

Ангорские кролики внешне напоминают ожившую мягкую игрушку. В настоящее время в мире промышленно разводят пять пород ангорских кроликов: Английская, Французская, Германская, Гигантская и Сатин. Они различаются размерами и весом (2,5–5,5кг), длиной пуховых волокон, густотой остевого волоса, окрасом, объёмом ежегодно получаемой шерсти (0,4–1,3 кг). Ангорская шерсть исключительно мягкая, очень тёплая и пушистая, с характерным нежным ворсом. Изделия из ангорской шерсти создают неповторимый комфорт и поэтому очень популярны и востребованы. Но ангорская шерсть имеет и свои недостатки: непрочное закрепление кроличьего пуха в пряже может стать причиной истирания материала. Изделия необходимо беречь от чрезмерного намочания и чистить только химическим способом.

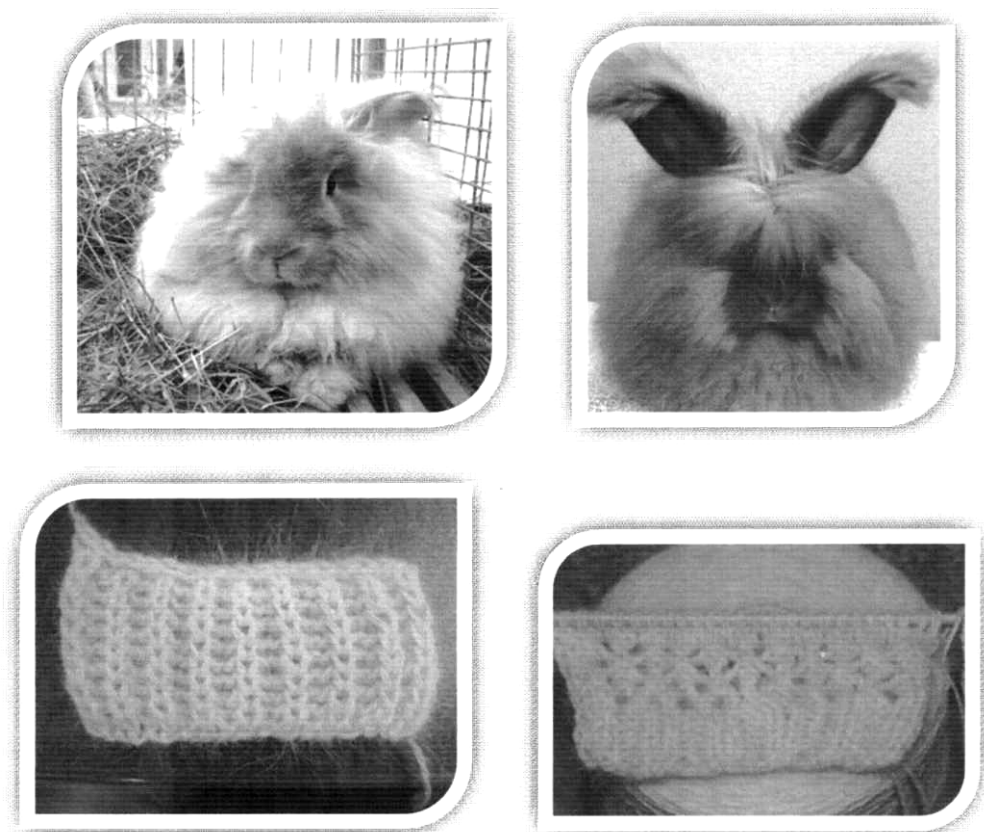


Рисунок 3.13 – Кролики ангорской породы и трикотажные изделия из шерсти ангорских кроликов

ВЕРБЛЮЖЬЯ ШЕРСТЬ (CAMEL) – это пуховой подшерсток нерабочего двугорбого верблюда (Бактриана), обитающего в Центральной и Восточной Азии (рис. 3.14). Наиболее ценной считается шерсть монгольского Бактриана.

Шерстяной покров верблюда состоит из наружного грубого волоса (25-100мкм) и внутреннего нежного пуха (17-21мкм), составляющего 80-85% объема. Именно его называют «верблюжья шерсть». Один раз в год его собирают (или вычёсывают) в количестве 4-9 кг с одного верблюда, сортируют по цвету и составу, после чего самый тонкий и мягкий пух направляют на производство пряжи. Для изготовления высококачественных тканей обычно используют наиболее лёгкий и тонкий пух молодых верблюжат (до года).

Верблюжья шерсть лёгкая (в два раза легче овечьей), мягкая и шелковистая, но в то же время, самая прочная и эластичная. Она практична в носке, устойчива к загрязнению и способна самоочищаться. Она самая тёплая и при этом отличный теплоизолятор, поддерживающий постоянную температуру тела в различных условиях. Она хорошо защищает от влаги, а также способна поглощать и быстро испарять её, оставляя тело сухим, она не вызывает аллергии и способна снимать статическое напряжение.

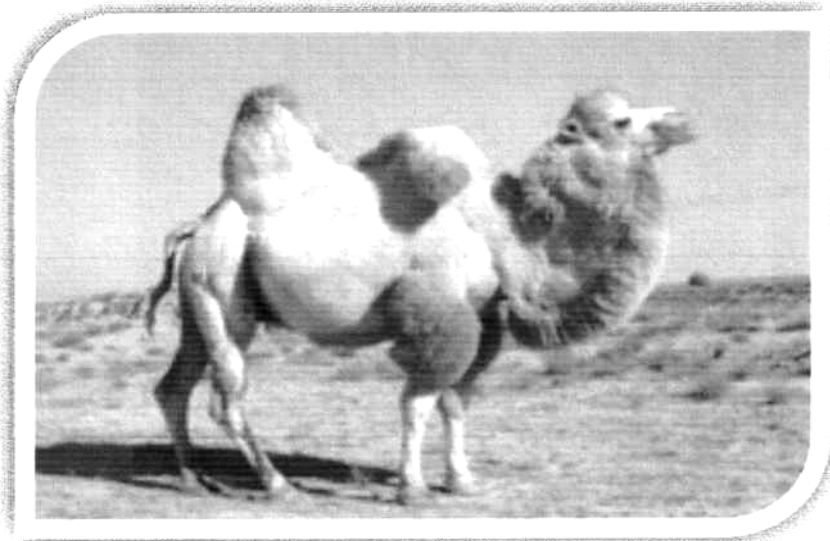


Рисунок 3.14 – Двугорбый верблюд – Бактриан

Верблюжья шерсть обладает уникальными целебными и оздоровительными свойствами. С давних времён она служит лекарством от многих болезней (более 40). Её сухое тепло и содержащиеся в ней органические вещества благоприятно воздействуют на кожу, мышцы и суставы, улучшают кровообращение, способствуют расширению сосудов, активизируют обмен веществ и восстановительные процессы в тканях. Одежду из нее используют для профилактики и лечения таких заболеваний, как простуда, остеохондроз, радикулит, ревматизм.

Верблюжий пух не поддаётся и не подвергается обработке химическими веществами, в том числе отбеливателями и красителями, поэтому ткани из верблюжьей шерсти производят в природных цветах (14 цветов: белый, кремовый, бежевый, песочный, красновато-коричневый, тёмно-бурый и т.д.). Это служит дополнительной гарантией экологической чистоты тканей из верблюжьей шерсти.

МОХЕР WM, (MOHAIR) – шерсть ангорских коз, обитающих в Турции (провинция Ангора), Южной Африке и США. При этом более 60% мирового мохера производят в Южной Африке (рис. 3.15).

Мохер – один из самых теплых и прочных видов натуральных волокон, при этом исключительно легкий и шелковистый. Его природный блеск устойчив и долговечен, он не исчезает после окрашивания. Ни одна шерсть не обладает таким великолепным длинным ворсом с устойчивым и долговечным природным блеском.

Мохер бывает трех основных видов:

Шерсть молодого козленка до 6 месяцев (KidMohair), получаемая при первой стрижке. Это тонкое (23-27мкм) и мягкое волокно длиной 100-150мм. KidMohair высшего отборного качества называется SuperKid– самое тонкое и нежное волокно, шелковистое и роскошное на ощупь.

Шерсть козленка до 2-х лет (GoatingMohair), получаемая после второй стрижки. Она тоже мягкая и тонкая.

Шерсть взрослых коз (AdultMohair), она толще (30 мкм) и грубее остальных.



Рисунок 3.15 – Козы ангорской породы

Из мохера первых двух видов изготавливают пряжу класса «люкс». Мохер от взрослых коз используют, в частности, при производстве верхней одежды. Шерсть ангорских коз однородная и обычно белая, что особо ценится благодаря её способности легко окрашиваться в любые цвета: от мягких пастельных до самых сочных.

Окрашенный мохер выглядит ярко и вместе с тем естественно. Его природный блеск не исчезает после окрашивания, а краски не выгорают и не выцветают в течение многих лет.

Изделия из мохера требуют деликатного хранения и тщательного ухода. Их надо вешать на вешалки, чтобы избежать появления складок не подвергать воздействию высоких температур и сушить при комнатной температуре; чистить только сухим способом не забывая, так как химическая и влажная обработка может сократить срок их службы.

ЛАМА WL(LAMA) – также, как и Альпака, родом из Перу. Она долгое время использовалась, как вьючное животное, поэтому сегодня встречаются ламы как с тонким эластичным волосом, так и с жестким, что требует отбора животных перед стрижкой или очёсом (рис. 3.16).

Шерсть ламы является белковым волокном, не содержащим натуральных масел и ланолина. Руно состоит из двух слоёв: верхнего защитного волоса и подшерстка (пуха). Верхний волос толстый и не скручивается. Его доля составляет до 20%. Подшерсток мягкий толщиной 20-40мкм. Он используется для изготовления одежды. При полной стрижке снимают оба слоя и очищают шерсть от защитного волоса. При вычесывании получают только подшерсток. В процессе обработки шерсть ламы сохраняет 90-93% первоначального веса.



Рисунок 3.16 – Лама

Шерсть ламы отличается легкостью и мягкостью, способностью прекрасно сохранять тепло (теплоёмкостью) и обеспечить комфорт при эксплуатации в широком диапазоне температур. Она не вызывает аллергических реакций, способна отталкивать воду и, в отличие от других видов шерсти, регулировать свою влажность в удобном для человека диапазоне.

Шерсть ламы обладает большим разнообразием естественных оттенков: от белого, пепельно-розового, светло-коричневого, серого и серебристого до темно-коричневого и черного. Белая шерсть хорошо окрашивается. При окрашивании используются только натуральные краски.

3.3 ШЕЛК

Тутовый шелкопряд в своём развитии проходит четыре стадии: грена, гусеница, куколка, бабочка.

Бабочка тутового шелкопряда откладывает яички (грёну) количеством 600-800 шт., которую хранят до весны при температуре от -4°C до $+2^{\circ}\text{C}$. Весной температуру повышают до $22-23^{\circ}\text{C}$ (период инкубации достигает 18-ти дней) и появляются гусеницы.

Выкормку гусениц осуществляют на ярусных стеллажах (в червоводнях) в течение 30-40 дней.

Во время выкармливания в теле гусеницы совершается белковый обмен. Белки, содержащиеся в листьях тутового дерева, распадаются на отдельные аминокислоты, в организме гусениц происходит синтез аминокислот и перестройка их молекул, в результате образуется высокомолекулярное вещество – фиброин и шелковый клей – серицин (рис. 3.17 д).

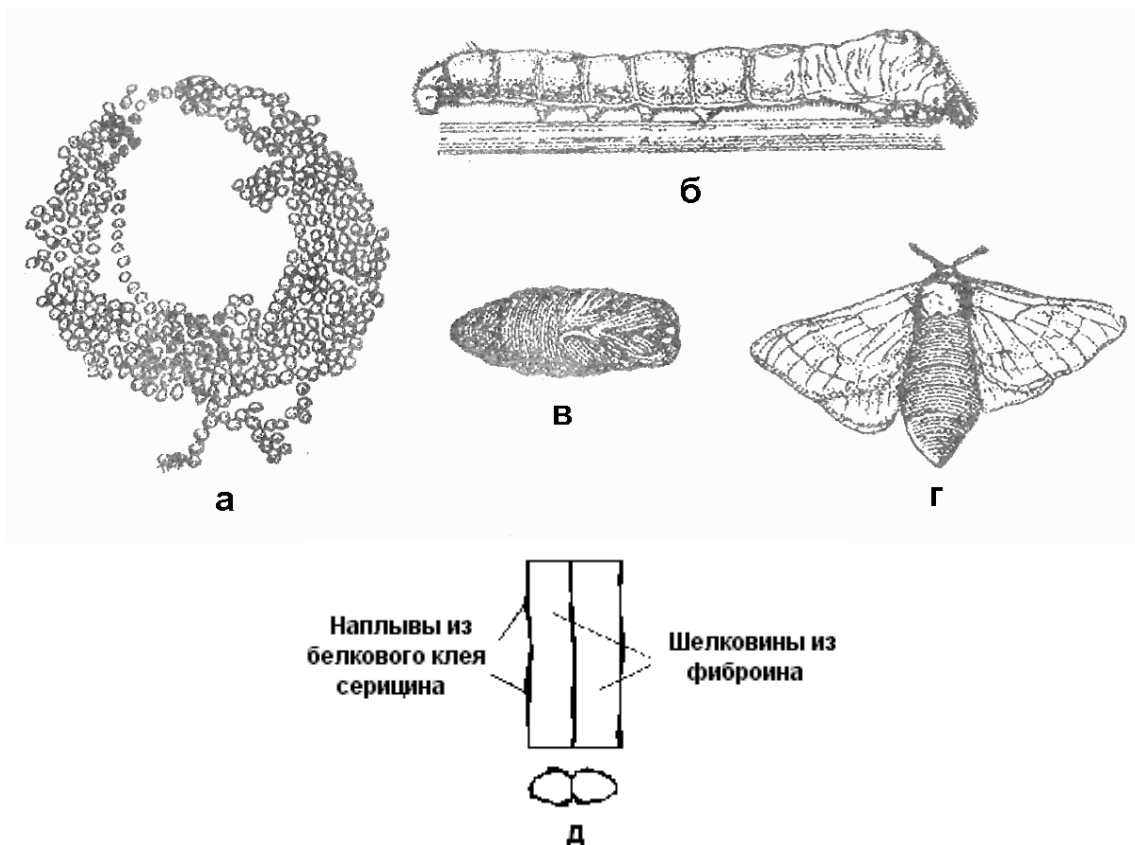


Рисунок 3.17 – а, б, в, г – стадии развития тутового шелкопряда, д – коконная нить

В течение полного развития гусеницы (рис. 3.17 б) 4 раза линяют, в результате весь цикл развития делится на 5 возрастов. К концу пятого возраста гусеница достигает длины 6–8 см, ее масса 5–9 г. К этому периоду резервуары шелкоотделительных желез гусениц заполнены белковой жидкостью. Гусеницы переползают на коконник (пучки веток, травы) и начинают завивать кокон. Через специальные протоки гусеница выделяет две тонкие шелковины, которые при выходе на воздух застывают. Шелковины, состоящие из фибрина, склеиваются серицином (рис. 3.17 д). Длина коконной нити 700–1200 метров.

Внутри кокона гусеница превращается в куколку (рис. 3.17 в), у которой через 15–17 дней отрастают крылья, и она превращается в бабочку (рис. 3.17 г). Бабочка смачивает один из полюсов кокона щелочной жидкостью и в образовавшееся отверстие выходит наружу. Такие коконы размотать нельзя. Поэтому коконы (рис. 3.18) собирают через 8–9 дней после начала завивки и направляют на первичную обработку, которая заключается в замаривании куколок (чаще всего коконы обрабатывают паром и затем подвергают длительной теневой сушке) и размотке коконов, причем несколько концов (5–7) при размотке соединяют вместе.

Размотка коконов ведется на кокономотальных станках при температуре воды 40–55 °С. Получаемый продукт носит название шелк-сырец. Шелк-сырец соединяют в несколько сложений и скручивают, получая крученый шелк.



Рисунок 3.18 – Коконны тутового шелкопряда

Свойства шелка. Коконная нить представляет собой комплексную нить из двух элементарных нитей, состоящих из белкового вещества фиброина (по массе 70-80%) и склеенных вместе другим белковым веществом – серицином (20-30%). В нитях, кроме фиброина и серицина, присутствуют воски и жиры (1-1,5%), а также минеральные вещества – соли калия, натрия, кальция (1-1,5%).

Коконная нить очень неравномерна вдоль длины, её поперечник в среднем равен ≈ 32 мкм. Линейная плотность коконной нити находится в пределах 0,22-0,33 текс. Шёлк-сырец может иметь линейную плотность в пределах 1,5-4,7 текс, чаще 1,6-2,3 текс.

Длина коконной нити может достигать до 1500 м, но при размотке внешний и внутренний слой не разматывают, и поэтому средняя длина коконной нити 600-900 м.

Разрывная нагрузка коконной нити 6-9 сН, а относительная разрывная нагрузка шёлка-сырца 27-31 сН/текс.

Удлинение к моменту разрыва коконной нити составляет приблизительно 14-15%, а шёлка-сырца – 16-17%. Доля обратимой деформации при этом составляет до 60% полного удлинения, поэтому ткани из натурального шёлка мало сминаются. Во влажном состоянии разрывное удлинение увеличивается на 10%.

Гигроскопичность шёлка-сырца составляет при нормальных условиях 10,5%.

Цвет отваренных коконных нитей белый, слегка кремоватый.

По химической стойкости натуральный шёлк превосходит шерсть. Разбавленные кислоты и щёлочи, органические растворители, применяемые при химической чистке одежды, на натуральный шёлк не действуют. Натуральный шёлк растворяется только в концентрированных щелочах при кипячении. Фиброин – более стойкий белок, чем серицин: при кипячении в мыльно-содовых растворах серицин растворяется. Шелк легко окрашивается, обладает приятным, умеренным блеском.

Волокна натурального шёлка теряют прочность при температуре более 110°C .

Под действием прямых солнечных лучей шёлк разрушается быстрее, чем все прочие натуральные волокна. Прочность волокна снижается на 50% при облучении его в течение 200 часов.

Шелк горит медленно с плавлением, при вынесении из пламени волокно затухает, имеет запах жженого рога, остаток – черный пушистый хрупкий пепел.

4 ПРИМЕНЕНИЕ НАТУРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН

Основную массу хлопкового волокна перерабатывают в пряжу и небольшую его часть, а так же хлопковый пух используют для производства медицинской, одежной и мебельной ваты, нетканых материалов.

Хлопковый пух используют как целлюлозное сырье для изготовления эфиров целлюлозы, из которых вырабатывают искусственные волокна, пленки, пластмассы, лаки и другие продукты. Подпушек используют для получения лаков и пленок.

Из хлопчатобумажной пряжи вырабатывают разнообразные ткани, трикотаж, нетканые полотна, гардинно-тюлевые изделия, а также швейные нитки, шнуры, веревки, канаты, тесьму, ленты и др. Волокнистые отходы в ткацком и трикотажном производстве используют для изготовления ваты, изоляции, набивок. Из семян после очистки отжимают пищевое и техническое хлопковое масло, жмых идет на корм скота и как удобрения.

Оставшиеся после сбора хлопка-сырца стебли хлопчатника используются в гидролизной промышленности. Таким образом, хлопок является не только важным с точки зрения текстильной промышленности, но и универсальным сырьем.

Трепанный лен на прядильной фабрике вначале подвергают гребнечесанию для деления его на более длинное волокно – чесаный лен и более короткое – очесы. При гребнечесании одновременно происходит дальнейшее дробление технических волокон на более тонкие комплексы и их очистка от костры и остатков корневой ткани стебля.

Из чесаного льна вырабатывается более тонкая, лучшая по качеству пряжа, а из очеса и короткого волокна и луба – более грубая оческовая пряжа. Однотипную лубяную ленту на прядильных фабриках перерабатывают в ровницу, которую перед прядением обрабатывают растворами химикатов, полученную пряжу используют аналогично льняной и оческовой.

Из льняной пряжи вырабатывают бельевые полотна, простыни, полотенца, столовое белье, летние костюмные ткани, брезенты, парусины, пожарные рукава, шнуры, обувные нитки и другие изделия. Из оческовой пряжи получают более грубые ткани – мешочные, холсты, полотна, а также брезенты и парусины менее важного назначения. Весь перечисленный ассортимент может вырабатываться из смеси льна и синтетических волокон.

Из льняных семян получают льняное масло, которое используют в пищевой промышленности, медицине и в технических целях.

Льняную костру используют на заводах первичной обработки как топливо, а так же из нее изготавливают древесно-волоконистые плиты для стен, перегородок, пола и в производстве мебели.

Овечья шерсть весенней стрижки, козья шерсть и пух альпака, верблюжья и восстановленная шерсть в основном перерабатываются в пряжу, иногда с добавлением хлопка и химических волокон. Из шерстяной и полушерстяной пряжи изготавливают одежные, костюмные и платьевые ткани, верхний и бельевой трикотаж, чулочно-носочные и перчаточные изделия, а также различные полотна технического назначения. Длинную верблюжью шерсть используют для выработки технических тканей и приводных ремней.

В отличие от других волокон шерсть имеет способность свойлачиваться, поэтому из нее изготавливают валяную обувь, фетровые шляпы и другие изделия. Для валяльно-войлочного производства используют преимущественно овечью шерсть осенней стрижки, заводскую шерсть, кроличий пух, заячий волос и коровью шерсть – линьку. Оленью шерсть применяют для теплоизоляции и звукоизоляции, а также как набивочный материал. Из конской шерсти изготавливают строительный войлок. Козий пух используют для ручного вязания платков, перчаток, фуфаяк, а грубую козью шерсть – для выработки щеток, кистей, фитилей. Шерсть ламы и гуанако используют при производстве тонкосуконных тканей костюмного и пальтового ассортимента. В трикотажном производстве шерстяную пряжу используют для выработки верхних трикотажных изделий. Часто применяют смешанные пряжи из шерсти с добавлением натуральных и химических волокон.

Шелк применяется главным образом для изготовления тонких платьев и бельевых тканей. Благодаря хорошей окрашиваемости, приятному матовому блеску шелковые ткани приобретают красивый внешний вид. Шелк также отличается высокой прочностью, упругостью, способностью легко впитывать влагу, но применение его ограничено из-за высокой стоимости и трудоемкости производства. Воду, в которой разматывали коконы с растворенным в ней серицином, используют при производстве косметики.

Из шелковых нитей в основном вырабатывают креповые ткани, т. е. ткани из сильно крученых нитей, имеющие своеобразную зернистую поверхность. Выпускают шелковые полотна, атласы различных видов, декоративные и галстучные ткани. В трикотажном производстве шелковую пряжу используют редко из-за ее высокой стоимости. Оставшиеся неразмотанные коконы разъединяют на отдельные волокна, из которых вырабатывают пряжу для ворсовых тканей. Из шелка также вырабатывают различные крученые нити: швейный шелк, вышивальный шелк.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лобацкая, Е. М. Материаловедение трикотажного производства / Е. М. Лобацкая. – Минск : «БеларускаяЭнцыклапедыяімяПятрусяБроўкі», 2009.
2. Лобацкая, О. В. Материаловедение / О. В. Лобацкая, Е. М. Лобацкая ; УО «ВГТУ». – Витебск, 2011.
3. Бузов, Б. А. Материаловедение швейного производства/Б. А. Бузов, Т. А. Модестова, Н. Д. Алыменкова. – Москва : Легпромбытиздат, 1986.
4. Бузов, Б. А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство): учебник / Б. А. Бузов, Н. Д. Алыменкова. – Москва : Издательский центр «Академия», 2004.
5. Калмыкова, Е. А. Материаловедение швейного производства : учеб. пособие/ Е.А. Калмыкова, О.В. Лобацкая. –Минск : Выш. шк., 2001.
6. Кукин, Г.Н. Текстильное материаловедение. (Исходные текстильные материалы) / Г.Н. Кукин, А.Н. Соловьёв – Москва : Легпромбытиздат, 1985.
7. Кукин, Г.Н. Текстильное материаловедение (волокна и нити) / Г.Н. Кукин, А.Н. Соловьёв, А. И. Кобляков. – Москва : Легпромбытиздат, 1989.
8. Садыкова, Ф. Х. Текстильное материаловедение и основы текстильного производства / Ф. Х. Садыкова, Д. М. Садыкова, Н. И. Кудряшова. – Москва : Легпромбытиздат, 1989.
9. Жихарев, А. П. Материаловедение : Швейное производство: учеб. пособие для начального проф. образования / А. П. Жихарев, Г. П. Румянцева, Е. А. Кирсанова. – Москва : Издательский центр «Академия», 2005.
10. Штарков, В. И. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению / В. И. Штарков, Н. Н. Миловидов, В. П. Румянцев. – Москва : «Легкая индустрия», 1970.
11. Механическая технология текстильных материалов / Под ред. А. Г.Севастьянова. – Москва : Легпромбытиздат, 1989.
12. Николаев, С. Д. Теория процессов, технология и оборудование подготовительных операций ткачества / С. Д. Николаев [и др]. – Москва : Легпромбытиздат, 1993.
13. Месяченко, В.Т.Товароведение текстильных материалов / В. Т. Месяченко, В. И. Кокошинская.– Москва : Экономика, 1987.
14. Клепачева, Л.С. электронный ресурс <http://www.atele.pochta.ru>.
15. Электронный ресурс <http://enc.lib.rus.ec>.
16. Статистический сборник: «Промышленность Республики Беларусь» /редакционная коллегия В.Г. Михно[и др.]. – Минск : Министерство статистики и анализа РБ – 2007.
17. ГОСТ 13784-70. Волокна и нити текстильные. Термины и определения. – Взамен 13784-68; –введ 01.07.70. – Москва : Издательство стандартов, 1978.