

УДК 343.98

Есаулова А.В.

## КРИМИНАЛИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛОКНИСТОГО СОСТАВА БУМАГИ

Статья посвящена исследованию волокнистого состава бумаги. Бумага представляет собой упругопластичный капиллярно-пористый материал, основу которого представляют волокна растительного происхождения, переплетенные и соединенные между собой в процессе формирования бумажного листа. Рассматривается морфологическое строение основных материалов, из которых готовится бумажное полотно, а так же сырье, используемое при изготовлении бумаги: тряпичная полумасса, волокна растительного и животного происхождения, целлюлоза, древесная и соломенная масса.

Ключевые слова: бумага, волокна, морфологическое строение.

Документы часто являются объектами экспертиз, проводимых при расследовании уголовных и гражданских дел, связанных с их подделкой. При этом назначается технико-криминалистическая экспертиза документов, которая включает в себя три вида исследований, одним из которых и является исследование материалов документов, в частности – бумаги и картона. Данному вопросу посвящены научные работы В. С. Митричева, Э. А. Тросмана, С. Н. Иванова, Ф. А. Шитова, Ю. И. Паршикова, Н. П. Яблокова, Е. Р. Россинской и многих других учёных. Следует отметить, что исследование материалов документов в рамках технико-криминалистической экспертизы документов представляет собой специальную задачу, которая решается при комплексном использовании достижений естественных, технических наук и различных отраслей криминалистических экспертиз других видов – в данном случае экспертизы материалов, веществ и изделий (экспертиза волокнистых материалов).

Рассмотрим состав бумаги по волокну. Волокна, образующие композицию бумаги, подразделяются следующим образом [2, с 44]:

- Тряпичная полумасса

А. Волокна растительного происхождения:

волокна семенных волосков (хлопок, ваточник и др.);

лубяные волокна (лен, пенька, джут и др.);

волокна листового происхождения (манильская пенька, новозеландский лен и др.).

Б. Волокна животного происхождения:

шерсть разных животных;

сорта натурального шелка.

- Целлюлоза

А. Целлюлоза, получаемая из древесины многолетних растений:

целлюлоза из древесины деревьев хвойных пород (ель, сосна, пихта и др.);

целлюлоза из древесины лиственных пород (осина, тополь, береза, ольха, бук).

Б. Целлюлоза, получаемая из однолетних растений:

целлюлоза из соломы злаков, тростника и камыша (рожь, пшеница, овес, речной тростник, камыш и др.);

целлюлоза из других растений (льняная и пеньковая костра, хлопчатник и др.).

- Древесная и соломенная масса

А. Белая и белимая древесная масса.

Б. Бурая и химическая древесная масса.

В. Соломенная и тростниковая масса.

- Макулатура (старая бумага и обрезки).

- Искусственные волокна в сочетании с древесной целлюлозой.

- Синтетические волокна (капрон, нейлон, полиэтилен, нитрон и др.).

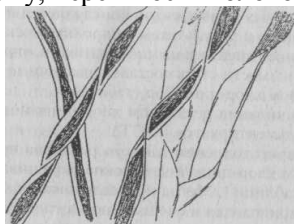
- Прочие волокнистые материалы

(кожа, асбест, торф, стекло, синтетические волокна).

Морфологическое строение волокнистых материалов, используемых для приготовления бумажного полотна. Тряпичная полумасса.

Текстильные волокна применяются при выработке сортов бумаги, которые характеризуются повышенной прочностью и долговечностью. В качестве их составной части применяются волокна хлопка, реже льна, пеньки, кенафа, рами, джута.

Хлопковые волокна представляют собой волоски, покрывающие семена хлопчатника. По длине бывают коротковолокнистые (длина до 24 мм), средневолокнистые (24-29 мм), длиноволокнистые (30-40 мм), экстрадлинны (свыше 40 мм). По размеру волокон в поперечнике они делятся на тонкие (толщина до 20 мкм), средние (20-23 мкм), грубые (свыше 30 мкм). Форма зрелых волокон в продольном положении лентообразная, спирально скрученная вокруг своей оси, с каналом в центре, имеет косую штриховатость (рис. 1, 2). Форма и ширина канала зависит от степени зрелости волокон. Обработкой хлопковых волокон 30%-ным раствором едкого натра получают мерсеризованный\* хлопок, волокна которого имеют повышенную прочность и устойчивый блеск, шелковистость, более высокую способность к окрашиванию. Мерсеризованный хлопок имеет цилиндрическую форму, перевитость волокон отсутствует, канал узкий либо нитевидный [1, с 187].



\* Мерсеризация [от имени английского изобретателя Дж. Мерсера (J. Mercer; 1791-1866)] - обработка хлопчатобумажных или других целлюлозных волокнистых материалов NaOH для придания им блеска, повышения способности к окрашиванию, увеличению прочности.

Рис. 1. Волокна хлопка  
различной степени зрелости

Рис. 2. Целлюлозные  
волокна хлопка (увеличение 150х)

Лубяные волокна. Для производства лубяных волокон используют довольно разнообразное сырье. Это сравнительно тонкие, гибкие стеблевые волокна льна, рами; грубые стеблевые волокна конопли, джута, кенафа, канатника; волокна листового происхождения, получаемые из сизаля, маниллы, юкки, драцены, новозеландского льна; волокна из орехов кокосовой пальмы (копр) [1, 187].

Отличительными морфологическими признаками для всех лубяных волокон являются:

- цилиндрическая форма с заостренным концом и узким каналом в центре волокна;

- наличие характерных утолщений и сдвигов в поперечном направлении волокон.

Выявление особенностей морфологического строения лубяных волокон возможно только после разрушения химическим путем пектиновых веществ и лигнина сердцевинных пластинок. С этой целью используется метод обработки пучков волокон свежеприготовленным щелочным раствором гипохлорита. Волокна после обработки гипохлоритом представлены на рис. 3.

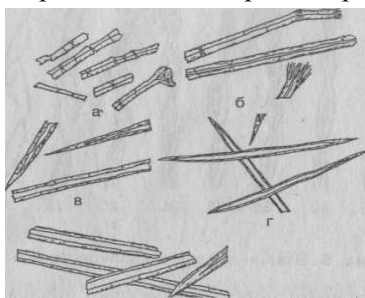


Рис. 3. Лубяные волокна после обработки гипохлоритом:

а — лен; б — пенька; в — кенаф; г — сизаль; д — джут

Кроме волокон растительного происхождения для производства специальных бумаг (например, для огнестойких, специальных фильтровальных, особо прочных и других сортов) используются минеральные, искусственные и синтетические волокна, а также волокна животного происхождения. Из минеральных волокон применяются асбест, стеклянное волокно и шлаковая шерсть.

Асбест — минерал из группы серпентинов или алифиболов (природные минералы хризолит – асбест и крокодолит – голубой асбест, толщиной до 1 мкм и длиной от 4 до 26 мм). Эти минералы расщепляются на тонкие, гибкие и прочные волокна (рис. 4). Асбест, содержащий более короткие волокна, используется для производства картона, фильтровальной бумаги и т. д.



Рис. 4. Асбестовые волокна (увеличение 500х)

Стеклянные волокна – волокна, получаемые из расплава стекла, представляют собой тончайшие бесцветные прямые как струны нити. Ширина волокон 0,004-0,006 мм.

Шерстяные волокна состоят из содержащего серу белкового вещества кератина. Различают тонкую, полутонкую, полугрубую и грубую шерсть. Тонкая шерсть состоит из пуха; полутонкая – из пуха и переходного волоса; полугрубая – из пуха, переходного волоса и ости; грубая шерсть – из пухового, переходного, остевого и мертвого волоса [1, с. 190].

Волокна шерсти имеют цилиндрическую форму и состоят из чешуйчатого (кутикулярного) и корневого слоя, толстые и грубые волокна (остевые и мертвые), кроме того, имеют сердцевинный слой (канал). Кутикулярный слой состоит из тончайших роговидных пластинок, расположенных на поверхности волокна. Корневой слой – из отдельных веретенообразных клеток, расположенных вдоль оси волокна. Сердцевинный слой расположен в центральной части волокна и состоит из отдельных клеток, разделенных воздушными промежутками. Для пуховых волос сердцевинный слой отсутствует; для переходных – имеет прерывистое строение; для остевых и мертвых волос – имеет четко выраженную структуру с увеличением ширины слоя для мертвых волос (см. рис. 5, 6).

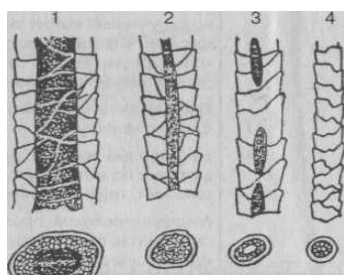


Рис. 5. Виды волос:

- 1 — мертвый волос, 2 — остистый волос,  
3 — переходный волос, 4 — пух

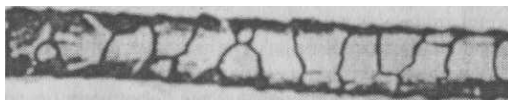
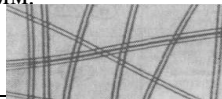


Рис. 6. Волокно шерсти (увеличение 500х)

Химическая промышленность вырабатывает большой ассортимент синтетических и искусственных волокон, пригодных для изготовления бумаги. Химические волокна придают бумаге многие полезные свойства: увеличиваются прочность на разрыв и излом, долговечность, сопротивление деформации и др. По микроструктуре химические волокна отличаются от волокон растительного происхождения. Они имеют форму, зависящую от формы отверстий фильеры\*, через которые продавливается расплав или раствор полимера при формовании волокна при его получении [2, с. 52].

Волокна нейлона (рис. 7). Форма волокон цилиндрическая. Поверхность большинства волокон гладкая и лишь у некоторых неровная. Ширина волокон 0,016-0,03 мм.



\* Фильера от fil – волокно, нить, проволока) – деталь машины для формования химических волокон – колпачок или пластина с отверстиями.

Рис. 7. Волокна нейлона (увеличение 150 и 500х)

Волокна акрилана (рис. 8). Волокна плоские, ленточные, некоторые слегка изогнуты. В середине волокон иногда видны темные полосы. После размола волокна частично разъединяются по длине на отдельные тонкие волоконца. Концы волокон расщеплены. Ширина волокон 0,02-0,05 мм.

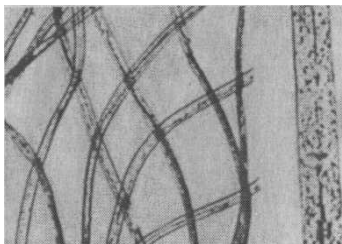


Рис. 8. Волокна акрилана  
(увеличение 150 и 500х)

Ацетатные волокна (рис. 9). Волокна имеют трубчатую изогнутую форму. Ширина их 0,016-0,03 мм.

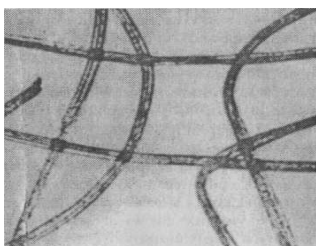


Рис. 9. Ацетатные волокна  
(увеличение 500х)

Волокна вискозы (рис. 10) профилированные гладкие, наличие полос по всей длине волокна. Полосы соответствуют выемкам в фильере, поэтому число полос и их распределение по ширине волокна зависят от формы фильеры.

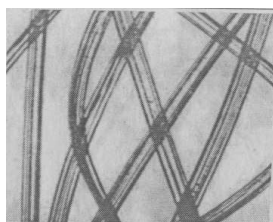


Рис. 10. Вискозные волокна  
(увеличение 150х)

Целлюлоза из деревьев хвойных пород характеризуется наличием широких лентовидных, длинных волокон с окаймленными порами, имеющими вид кружков с двойным ободком. На 1 мм<sup>2</sup> волокна иногда насчитывается 50-60 пор [3, с. 57]. Ширина трахеид\* еловой целлюлозы в среднем 38 мк, длина 2,5-3,8 мм; сосновой —

\* Трахеиды – мёртвые одревесневшие клетки растений, которые служат для проведения воды.

45 мк, длина 1-4,4 мм. Иногда в хвойной целлюлозе встречаются цилиндрические волокна с щелевидным каналом.

Целлюлоза из лиственных пород деревьев характеризуется наличием: волокон либриформа\*\* (веретенообразные с заостренными концами, толстыми стенками, иногда покрытыми порами, длиной 0,7-1,6мм, шириной 30 мк), трахеид (сосудистых и волокнистых, последние из которых похожи на волокна либриформа, но в отличие от них имеют меньшую толщину стенок и покрыты окаймленными порами; длина их не превышает 0,5 мм), сосудов (имеющих вид сравнительно коротких и очень широких клеток, обычно покрытых множеством мелких пор), паренхимных\*\*\* клеток (образующих две системы – горизонтальную (сердцевинные лучи) и вертикальную (древесная паренхима). Клетки паренхимы могут быть как длинными, так и короткими, на концах они обычно заострены).

Целлюлоза из соломы характеризуется наличием четырех видов клеток [2, с. 57]:

- прозенхимных\*\*\*\* клеток луба — по строению напоминают волокна древесной целлюлозы. Иногда на них встречаются поперечные сдвиги, мелкие поры. Длина прозенхимных клеток 0,2-3,8 мм, ширина 4-20 мк;

- эпителиальных клеток (клеток эпидермиса). Они имеют пилообразно-зубчатые края. Они сравнительно мелкие и короткие (ширина до 10 мк, длина 0,5 мм);

- паренхимных клеток, обладающих огурцевидной формой, часто сморщенной. Ширина клеток 30 - 70 мк, длина 0,2 - 1 мм;

- сосудов — трубкообразных или цилиндрических, усеянных множеством мелких пор. Иногда они имеют кольцевую или спиральную форму. В целлюлозе из тростника содержатся лентовидные покрытые порами сосуды.

Целлюлоза из рисовой соломы в отличие от соломенной целлюлозы имеет узкие (до 7 мк) клетки луба. Эпителиальные клетки рисовой соломы покрыты бугорками. Длина клеток эпидермиса 0,08-0,13 мм, ширина в среднем 5 мк.

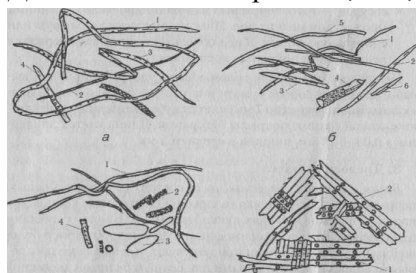


Рис. 11. Строение волокнистых компонентов:

а — элементы строения хвойной целлюлозы (1 — трахеиды; 2 — цилиндрическое волокно; 3 — окаймленные поры; 4 — расширенные поры); б — элементы строения лиственной целлюлозы (1 — волокно либриформа; 2 — волокнистые трахеиды; 3 — сосудистые

\*\* Либриформ — (от лат. liber, родительный падеж libri - луб, лыко и forma - форма) — древесинные волокна, сильно вытянутые, заострённые на концах клетки древесины, обеспечивающие её прочность и твёрдость.

\*\*\* Паренхима — (от греч. parenchyma, буквально — налитое рядом) — основная ткань растений, состоит из клеток более или менее одинакового размера по всем направлениям.

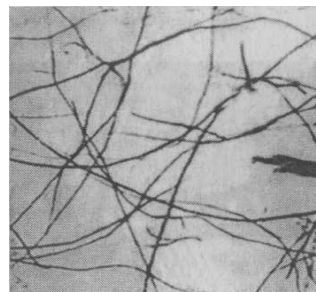
\*\*\*\* Прозенхима — (то греч. pros - сверх, возле и enchyma — налитое, наполняющее; здесь - ткань) — ткань растения, состоящая из вытянутых и часто заострённых на концах клеток.

трахеиды; 4 — сосуд; 5 — древесная паренхима; 6 — клетки сердцевинных лучей); в — элементы строения соломенной целлюлозы (1 — прозенхимные клетки луба; 2 — эпителиальные клетки; 3 — паренхимные клетки; 4 — сосуды); г — строение хвойной древесной массы (1 — сердцевинные лучи; 2 — окаймленные поры)

Рис. 12. Целлюлоза из рисовой соломы (увеличение 150х)



Рис. 13. Целлюлоза из соломы пшеницы (увеличение 150х)



#### Древесная масса [2, с. 57]

Белая и белимая древесная масса состоит из неравномерных, неправильной формы пучков волокон (рис. 11). Естественных концов, как правило, волокна на краях пучков не имеют. Наряду с пучками в древесной массе в зависимости от степени дробления в большей или меньшей степени присутствуют отдельные мелкие обрывки волокон. Характерными для белой и белимой древесной массы являются сердцевинные лучи, направленные перпендикулярно к волокнам и образующие подобие решеток. Длина пучков древесной массы бумаги колеблется от 0,05 мм до 1,5 мм, ширина 30-40 мк.

Бурая и химическая древесная масса по своему строению приближается к целлюлозе и состоит или из отдельных длинных волокон или из 2-5 волокон, соединенных в пучки. Пучки с сердцевинными лучами встречаются редко, волокна как правило имеют естественные концы.

#### Соломенная масса

Соломенная масса, в отличие от соломенной целлюлозы, содержит большее количество зазубренных эпителиальных клеток [4, с. 79]. Часто эти клетки в бумаге соединены в широкие ленты. Паренхиматозные клетки также встречаются в соломенной массе в виде длинных лент (рис. 11).

Мировая бумажная промышленность выпускает свыше 600 видов бумаги и картона, обладающих разнообразными свойствами: высокопрозрачные, электропроводящие и электроизоляционные, тонкие (толщиной 4 – 5 мкм) и толстые картоны, хорошо впитывающие влагу и водонепроницаемые, гладкие и шероховатые и др. Бумага и картон представляют собой упругопластичный капиллярно-пористый материал, основу которого составляют волокна растительного происхождения, переплетённые и соединённые между собой в процессе формирования бумажного листа. Картон отличается от бумаги большей толщиной и массой одного квадратного

метра. В зависимости от назначения бумага имеет различный состав (композицию) по волокну. Одни сорта бумаги состоят из смеси тряпичных и целлюлозных волокон, другие – из 100% целлюлозы, третьи – из смеси целлюлозы и древесной массы и т. д.

Бумага является материалом многокомпонентным, поскольку включает в себя различные по качественному и количественному составу компоненты [1, с. 304]. В данном случае мы рассмотрели волокна и волокнистые материалы, образующие композиционный состав бумаги. Такое исследование сводится к выявлению дифференцирующих признаков сравниваемых материалов документов и во многих случаях позволит экспертам в рамках единоличной экспертизы устанавливать различный источник происхождения материалов сравниваемых документов.

#### Список использованных источников и литература:

1. Митричев В. С., Хрусталёв В. Н. Основы криминалистического исследования материалов, веществ и изделий из них. – СПб.: Питер, 2003.
2. Сохлакова Н. А., Хрусталёв В. Н. Криминалистическое исследование материалов документов. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2005.
3. Паршиков Ю. И. Экспертное исследование бумаги. М.: ВНИИОП, 1968.
4. Атлас древесины и волокон для бумаги. М., 1992.

Єсаулова Г.В. Криміналістичне дослідження волокнистого складу папіру. Стаття присвячена дослідженню волокнистого складу паперу. Папір є пружньо-пластичний капілярно-пористий матеріал, основу якого представляють волокна рослинного походження, які переплетені і сполучені між собою в процесі формування паперового листа. Розглядається морфологічна будова основних матеріалів, з яких готується паперове полотно, а також сировина, яка використовується при виготовленні паперу: ганчіркова півмаса, волокна рослинного і тваринного походження, целюлоза, деревна і солом'яна маса.

Ключові слова: папір, морфологічна будова паперу.

Esaulova A.V. The criminalistic investigation of the fibred structure of a paper. The article is devoted to research of fibred structure of a paper. A paper is made of elastoplastic capillary-porous material, basis of which is represented by the fibres of phytogenous, casebound and joined between itself in the process of forming of paper sheet. The morphological structure of basic materials which paper linen prepaves from es examined, and also raw material, using at making of paper: rag simimas, fibres of vegetative and animal origin, cellulose, arboreal and straw mass.

Key words: paper, fibred, morphological structure.

Пост упила в редакцію 22.10.2007 г.