



УДК 343.983.4  
doi: 10.25724/VAMVD.A237

## ОСНОВНЫЕ ПРИЗНАКИ И СВОЙСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

**Марина Николаевна Стецюк\***, **Юрий Леонидович Иванов\*\***,  
**Денис Васильевич Катренко\*\*\***

ЭКЦ МВД России, Москва, Россия

\* mstetciuk@mvd.ru, \*\* iuivanov20@mvd.ru, \*\*\* dkatrenko2@mvd.ru

*Аннотация.* В статье обсуждаются волокна, производимые текстильной отраслью из продуктов переработки сельскохозяйственной промышленности, к которым относятся волокна с добавлением морских водорослей SeaCell, кукурузные волокна Ingeo, соевые волокна Soybean Protein Fiber. Описаны ключевые этапы технологии их изготовления и сфера применения волокон нового поколения. Проведены исследования указанных выше волокон и отражены результаты, полученные методом оптической микроскопии в прямом проходящем и поляризованном свете, органолептическими методами, методом капельных реакций на растворимость, методом инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (ИК Фурье-спектроскопии), а также методом сканирующей электронной микроскопии. Определены основные морфологические признаки и химические свойства указанных волокон, а также молекулярный состав основных компонентов. Перечислены признаки и свойства, которые необходимо принимать во внимание в процессе проведения экспертных исследований при решении классификационных и диагностических задач в отношении указанных волокон и изделий из них.

*Ключевые слова:* текстильные волокна, морские водоросли, SeaCell, кукурузные волокна, Ingeo, полилактид, соевые волокна, Soybean Protein Fiber, оптическая микроскопия, морфологические признаки, молекулярный состав, растворимость, органолептические методы

*Для цитирования:* Стецюк М. Н., Иванов Ю. Л., Катренко Д. В. Основные признаки и свойства текстильных волокон нового поколения // Судебная экспертиза. 2024. № 1 (77). С. 93–107. doi: 10.25724/VAMVD.A237

## THE MAIN FEATURES AND PROPERTIES OF TEXTILE FIBERS OF THE NEW GENERATION

**Marina Nikolaevna Stetsyuk\***, **Yuri Leonidovich Ivanov\*\***,  
**Denis Vasilyevich Katrenko\*\*\***

Forensic Science Centre of the Ministry of the Interior of Russian Federation,  
Moscow, Russia

\* mstetciuk@mvd.ru, \*\* iuivanov20@mvd.ru, \*\*\* dkatrenko2@mvd.ru

© Стецюк М. Н., Иванов Ю. Л., Катренко Д. В., 2024



*Abstract.* The article discusses fibers produced by the textile industry from agricultural processing products, which include SeaCell seaweed fibers, Ingeo corn fibers, soy fibers Soybean Protein Fiber. The key points of their manufacturing technology and the scope of application of new generation fibers are reflected. Studies of the above-mentioned fibers have been carried out and the results obtained by optical microscopy in direct transmitted and polarized light, organoleptic methods, the method of droplet reactions to solubility, infrared spectroscopy with Fourier transform (IR Fourier spectroscopy), as well as scanning electron microscopy are reflected. The main morphological features and chemical properties of these fibers, as well as the molecular composition of the main components, are determined. There are listed the signs and properties that necessary take into account in the process of conducting expert research when solving classification and diagnostic tasks in relation to these fibers and products made from it.

The identified signs and properties are necessary when conducting expert studies in order to solve classification and diagnostic problems with respect to these fibers at the appropriate level.

*Keywords:* textile fibers, seaweed, SeaCell, corn fibers, Ingeo, polylactide, Soy fibers, Soy Protein Fiber, optical microscopy, morphological feature, molecular composition, solubility, organoleptic methods

*For citation:* Stetsyuk M. N., Ivanov Yu. L., Katrenko D. V. The main features and properties of textile fibers of the new generation. Forensic Examination, 93–107, 2024. (In Russ.). doi: 10.25724/VAMVD.A237

Одним из приоритетных направлений экспертно-криминалистической деятельности является своевременное и качественное обеспечение раскрытия и расследования преступлений, которое в ряде случаев зависит от результатов исследования следов в виде наслоений текстильных волокон, имеющих связь с событием преступления. Однако не все проблемы, актуальные для судебно-экспертной и правоприменительной практики в области исследования объектов волокнистой природы, решены в полном объеме, что обусловлено значительным технологическим скачком в текстильном производстве.

В настоящее время достижения биотехнологии и биоинженерии стали внедряться в текстильную промышленность в сфере технологии изготовления волокон из высокомолекулярных соединений естественного происхождения, в том числе на основе полисахаридов и белков. Современная стратегия постепенно переориентируется с сырой нефти на возобновляемое сырье, а также производство экологически чистых, отвечающих потребительским запросам волокон, которые могут подвергаться биологическому разложению или переработке. Основой для производства текстильных волокон часто выступают материалы, ранее считавшиеся непригодными в качестве потенциального сырья для создания пряжи, а именно побочные продукты сельскохозяйственной промышленности, такие как казеиновый белок, пшеничная клейковина, лигноцеллюлозная биомасса из рисовой соломы, зеиновый белок, оставшийся после производства кукурузного крахмала, соевый белок, хитиновые покровы морских ракообразных (крабы и лобстеры) и т. п.



К числу текстильных новинок, производимых с применением достижений науки, относятся соевые, кукурузные волокна, волокна с добавлением морских водорослей, хитиновые (хитозановые) волокна и др. Так, немецкая компания Smartfiber AG разработала технологию производства текстильного сырья с добавлением морских водорослей SeaCell, специалистам американской фирмы NatureWorks LLC удалось превратить кукурузу в сырье для производства волокна Ingeo, а китайские разработчики достигли успехов в изготовлении волокон на основе соевого белка (Soybean Protein Fibre, SPF).

Производители и маркетинговые компании позиционируют, что изделия, содержащие в составе волокна из натурального сырья, износостойки, гипоаллергенны, обогащены аминокислотами и обладают антибактериальными свойствами, а также экологически безопасны как с точки зрения самих материалов, так и с точки зрения производственных процессов<sup>1</sup>. Еще одно преимущество отдельных видов волокон нового поколения – их способность к биологическому разложению аэробными и анаэробными бактериями. Подобные материалы используются при производстве разнообразного ассортимента текстильных изделий: от нижнего белья, постельных принадлежностей и полотенец до широкого спектра предметов одежды.

Рассмотренные выше технологии изготовления текстильных материалов обеспечивают уникальные свойства получаемых продуктов, что, в свою очередь, требует наличия исчерпывающей информации о современном ассортименте текстильной промышленности, свойствах выпускаемого сырья и особенностях их криминалистического исследования.

С целью изучения морфологических признаков, оптических и химических свойств, определения молекулярного состава указанной выше продукции было проведено исследование образцов, полученных на международных выставках «Текстильлегпром». При исследовании применялись методы оптической микроскопии в проходящем и поляризованном свете, органолептические методы, методы капельных реакций, инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (ИК Фурье-спектроскопии) и сканирующей электронной микроскопии.

Одним из видов волокон, заслуживающих внимания, являются волокна **SeaCell**, разработанные и запатентованные компанией Smartfiber AG (Германия) в 2007 г. Их изготавливают на основе искусственных волокон Lyocell из древесной целлюлозы эвкалипта с добавлением морских исландских водорослей<sup>2</sup>. В основном применяется бурая водоросль *Ascophyllum Nodosum* или красная *Lithothamnium Calcareum*, а также иные водоросли из семейства бурых, красных, зеленых или голубых. Морские водоросли промывают, сушат, тщательно измельчают и добавляют в раствор целлюлозы перед формированием волокнистого сырья<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> См.: Актуальный вопрос – современные экоткани. URL: <https://tesmart.ru/blog/articles/topical-issue-of-modern-ecotone/> (дата обращения: 30.11.2023); Modal, Tencel и SeaCell – экологически чистые ткани нового поколения. URL: <https://www.i-secret.ru/articles/modal-tencel-seacell/> (дата обращения: 30.11.2023).

<sup>2</sup> SeaCell™. URL: <https://smartfiber.de/en/seacell> (дата обращения: 30.11.2023).

<sup>3</sup> Наполнитель из водорослей: экологическая добавка в синтетические наполнители. URL: <https://textiletrend.ru/netkanyie/naturalnyie-nm/napolnitel-iz-vodorosley.html> (дата обращения: 30.11.2023).



SeaCell пока широко не распространены, но некоторые производители уже опробовали их при производстве спортивной одежды и чулочно-носочных изделий<sup>1</sup>. Такие волокна также используются в качестве наполнителя для постельных принадлежностей (подушек, одеял, матрасов), так как обладают антибактериальными свойствами благодаря обогащению серебром. Кроме того, информацию о продаже подобных волокон в качестве материала для валяния можно встретить на маркетплейсах для ремесленников и мастеров. Волокна с добавлением морских водорослей применяются как в чистом виде, так и в смеси с различными синтетическими волокнами.

В натуральном виде волокна SeaCell обладают благородным золотисто-кремовым цветом, мягкие, шелковистые на ощупь (рис. 1).



Рис. 1. Волокна SeaCell

Исследования методом оптической микроскопии в проходящем и поляризованном свете показали, что сырье SeaCell в натуральном виде представляет собой неокрашенные волокна с различными оттенками – зеленым, голубым, желтым. На некоторых участках прослеживается продольная волнообразность. Волокна без точечных включений с пористой структурой на протяжении всей поверхности в виде множества углублений неправильной формы. В поляризованном свете характерна неоднородная яркая пестрая интерференционная окраска в виде удлиненных пятен и полос либо симметрично расположенная в виде продольных полос. Компенсация происходит в 1 порядке. Иллюстрации волокон в проходящем и поляризованном свете микроскопа Olympus VX53 представлены на рисунке 2.

<sup>1</sup> Focus on fibres: sustainable seaweed fabric... SeaCell™. URL: <https://www.the-sustainable-fashion-collective.com/2017/05/11/new-sustainable-seaweed-fabric-seacell> (дата обращения: 30.11.2023).

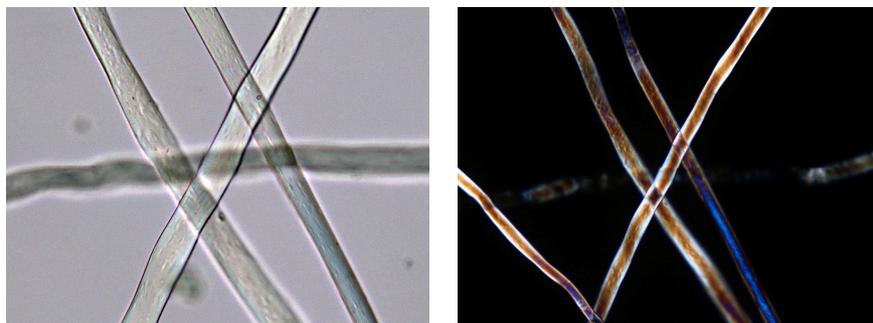


Рис. 2. Волокна SeaCell в проходящем свете при увеличении 400 крат (слева) и в поляризованном свете при увеличении 200 крат (справа)

С целью углубленного изучения структуры волокон Ingeo было проведено дополнительное исследование на сканирующем электронном микроскопе Tescan Mira 3 LMN. Методом сканирующей электронной микроскопии было установлено, что по морфологии SeaCell представляют собой неравномерные по толщине волокна, для них характерна продольная волнообразность и наличие на поверхности углублений в виде продольных штрихов (рис. 3).

При термическом воздействии волокна горят с образованием пламени, быстро, вспышками. При горении обладают запахом жженой бумаги. При удалении от пламени продолжают гореть до полного разрушения с образованием серого пепла. Волокна растворяются в концентрированной серной кислоте при комнатной температуре.

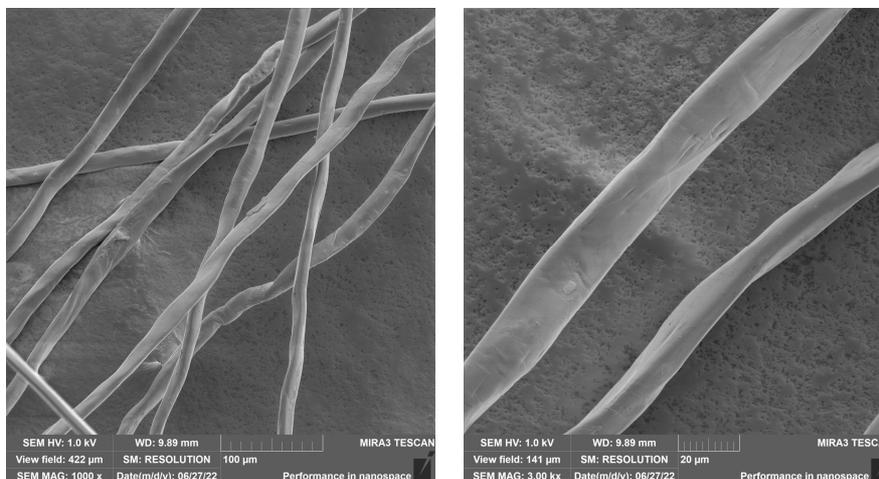


Рис. 3. Волокна SeaCell в сканирующем электронном микроскопе при увеличении 1 000 крат (слева) и 3 000 крат (справа)

С целью определения молекулярного состава основных компонентов волокон их исследовали методом ИК-спектроскопии с преобразованием Фурье. В результате установлено, что образцы изготовлены из материалов на основе целлюлозы. ИК-спектр волокон SeaCell представлен на рисунке 4.

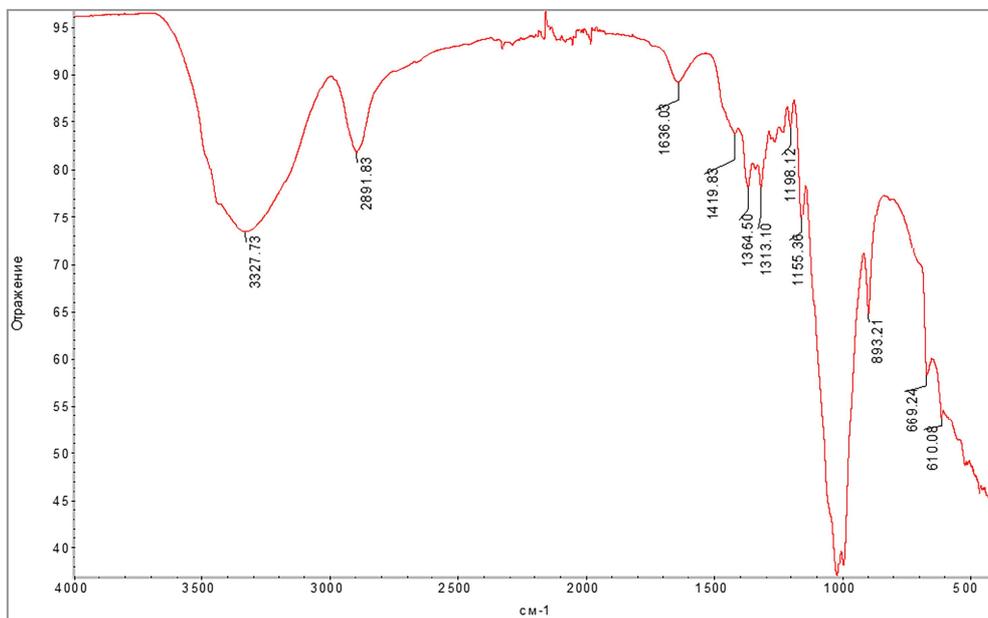


Рис. 4. ИК-спектр<sup>1</sup> волокон SeaCell

**Кукурузные волокна Ingeo** – волокна, выработанные на основе природно-синтезированных полисахаридов из зерен кукурузы. Основным источником сырья – кукурузный крахмал, из которого получают полимолочную кислоту (полилактид, ПМК). После прохождения нескольких стадий переработки: процессов извлечения глюкозы, гидролиза, ферментации, превращения молочной кислоты в лактид и полимеризации – получают полилактидный полимер, используемый для изготовления широкого спектра инновационных продуктов: от кофейных капсул до йогуртовых чашек и детских салфеток, а также текстильных волокон<sup>2</sup>. Процесс превращения молочной кислоты в полилактид представлен на рисунке 5.

<sup>1</sup> Спектр выполнен на ИК-Фурье спектрометре Nicolet iS50 Thermo Fisher Scientific в диапазоне 4 000–400 см<sup>-1</sup>, с разрешением 4 см<sup>-1</sup>. Для анализа использован встроенный модуль однократного НПВО модели iS50 ATR с кристаллом из монокристаллического углерода (режим «отражение», количество сканирований – 32). Интерпретация полученного спектра проведена при помощи электронных баз данных в поисковой системе, работающей в среде программного обеспечения Omnic (библиотеки спектров Aldrich Polymers, Polymer Additives and Plasticizers, Hummel Polymer and Additives, Hummel Polymer Sample Library и др.).

<sup>2</sup> How Ingeo is made. URL: <https://www.natureworkslc.com/> (дата обращения: 30.11.2023).





Исследования методом оптической микроскопии в проходящем и поляризованном свете позволили установить, что текстильное сырье Ingeo представляет собой неокрашенные волокна округлой формы поперечного сечения и равномерной толщины с наличием точечных включений и поперечной исчерченностью в отдельных местах. В поляризованном свете волокна обладают яркой, симметрично расположенной в виде продольных полос интерференционной окраской. Иллюстрации волокон в поле зрения микроскопа представлены на рисунке 7.

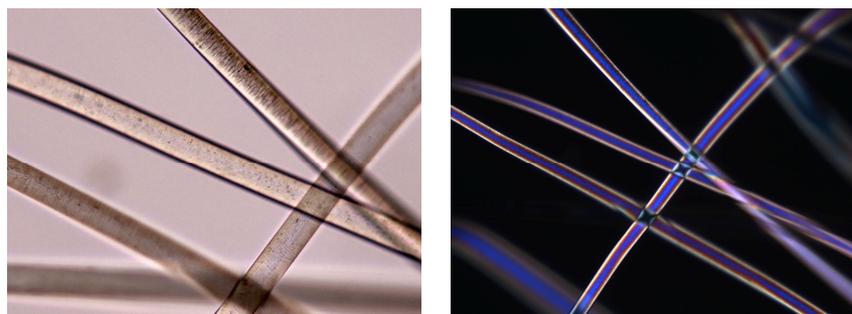


Рис. 7. Кукурузные волокна в проходящем свете при увеличении 400 крат (слева); в поляризованном свете при увеличении 200 крат (справа)

Методом сканирующей электронной микроскопии установлено, что поперечная исчерченность, характерная для некоторых волокон Ingeo, представляет собой изломы и трещины, по всей вероятности, обусловленные хрупкостью самого полимера (рис. 8).

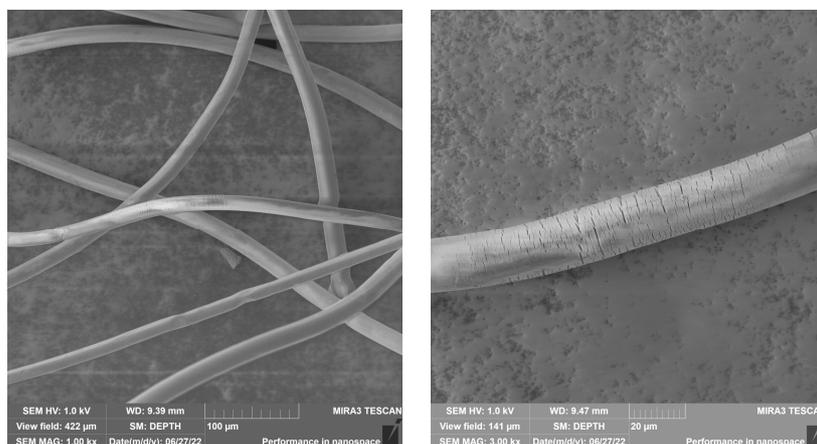


Рис. 8. Морфология волокон Ingeo в сканирующем электронном микроскопе при увеличении 1 000 крат (слева) и 3 000 крат (справа)

Свойства полилактидного полимера, его температурные характеристики сравнительно близки к полипропилену и поликапроамиду (найлон-6, капрон). При поднесении сырья к пламени горелки волокна начинают плавиться и уса-



живаются, образуя дым. При плавлении выделяется резкий запах. При удалении от пламени волокна прекращают гореть и плавиться, запах исчезает. Образуется твердый шарик белого цвета, который не растирается в порошок. При воздействии на волокна различными кислотами и растворителями установлено, что они растворяются при комнатной температуре в концентрированной серной кислоте и хлороформе. Растворение волокон в ледяной уксусной кислоте, демителформамиде, феноле и ацетоне происходит при нагревании.

С целью определения молекулярного состава основных компонентов кукурузных волокон Ingeo их исследовали методом ИК-спектроскопии с преобразованием Фурье при условиях, указанных выше. Наличие подобных полос, их форма и относительная интенсивность характерны для материалов на основе молочной кислоты. ИК-спектр волокон Ingeo представлен на рисунке 9.

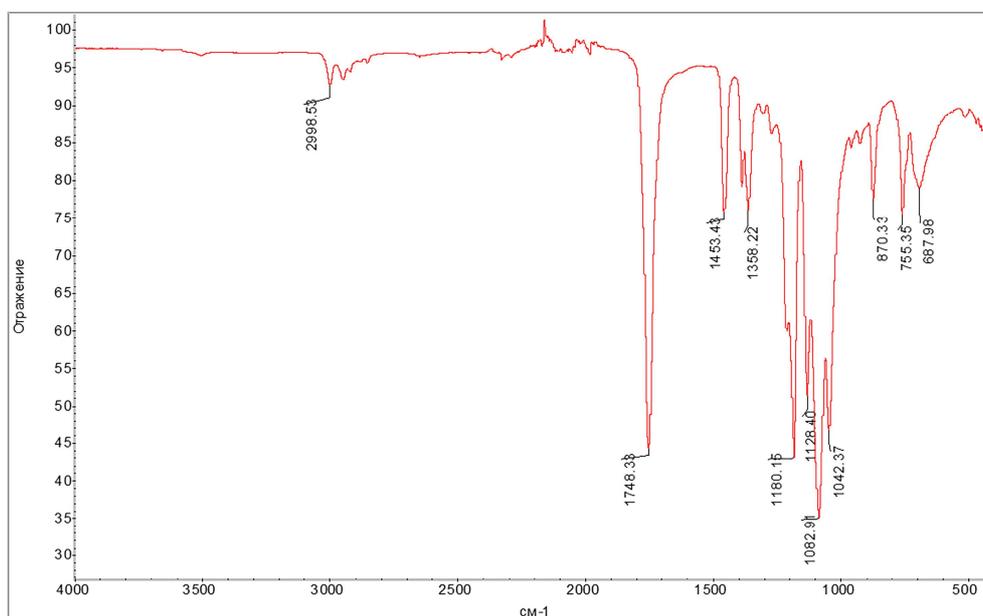


Рис. 9. ИК-спектр волокон Ingeo

**Соевые волокна** произведены путем переработки растительных протеинов бобов сои.

Первые исследования по созданию волокон на основе сои были предприняты в первой половине XX в. (1937–1940 гг.), однако все эти разработки не увенчались успехом. Полученные волокна не отвечали требованиям прочности на разрыв во влажном состоянии. Их промышленное производство было прекращено в конце Второй мировой войны.

Исследования, направленные на создание волокон на основе соевого белка, были возобновлены в Китае в конце XX столетия [1]. В результате в 2000 г. была разработана технология создания соевых волокон **Soybean Protein Fiber (SPF)**, которая внедрена в массовое производство в 2003 г. SPF оказались первыми в мире промышленными волокнами на основе соевых белков и единст-

венными присутствующими на рынке на сегодняшний день. При этом следует отметить, что присутствие соевых волокон на мировом рынке пока незначительное, однако за рубежом сою уже давно называют «зеленым волокном нового века» [2].

Технология производства соевого волокна заключается в том, что из сои выделяют масла и другие жирные вещества. В результате получают жмых с повышенным содержанием белка, который включает 18 различных аминокислот. Посредством ферментации из жмыха производится экстракция белков-глобулинов. Далее под воздействием реагентов происходит разрушение дисульфидных связей, изменяется пространственная ориентация молекул глобулина, а именно превращение последних в линейные молекулы, и проводится их полимеризация в смеси с высокомолекулярными полимерами (рис. 10). Полученный расплав – основа для создания соевого волокна SPF методом мокрого прядения.

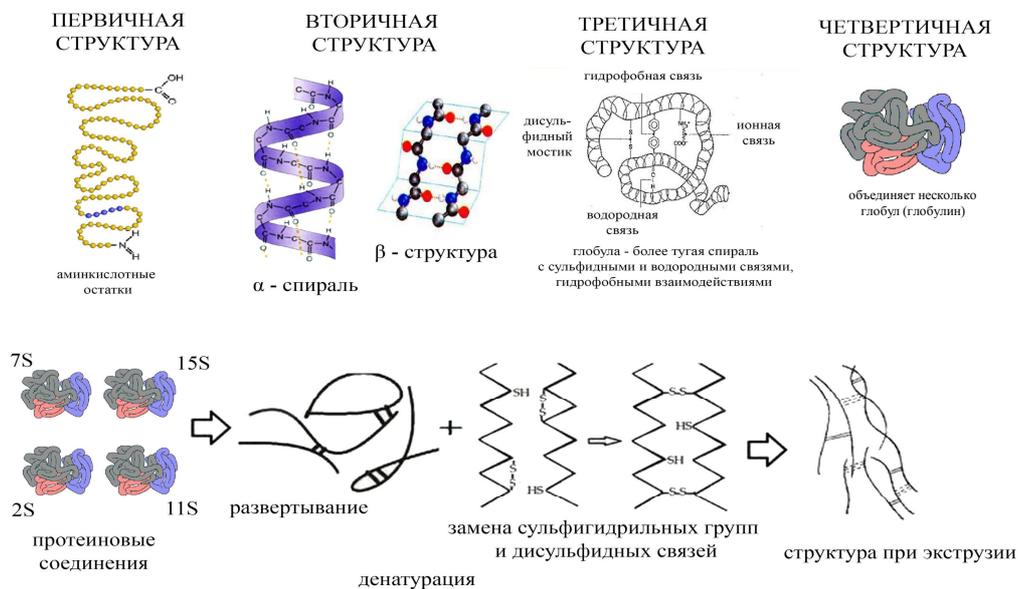


Рис. 10. Структура соевых белков и превращение глобулярных белков в волокнообразующие белки

По сути, соевые волокна являются двухкомпонентными волокнами, полученными мокрым прядением из деазириванной прядильной смеси, содержащей соевый белок и поливиниловый спирт. Морфологическая структура SPF состоит из менее ориентированной оболочки и хорошо ориентированной микрофибриллярной сердцевины. В них содержится 5–23 % изолята соевого белка из промасленного соевого жмыха и 77–95 % поливинилового спирта. Макромолекулы белка и поливинилового спирта латерально связаны межмолекулярными взаимодействиями, такими как водородные связи, а также гидрофильными и гидрофобными силами Ван-дер-Ваальса. Это обеспечивает дополнительное удлинение, ориентацию и кристаллизацию белков в волокнах во время вытяжки [2].



Соевое волокно называют «соевой шерстью» или «растительным кашемиром». Его применяют как в чистом виде, так и в сочетании с иными природными и химическими волокнами при изготовлении тканей для пошива автомобильных чехлов, нижнего белья, платьев, ночных сорочек, выработки пряжи, служащей основой трикотажных изделий (футболки, свитера и т. д.)<sup>1</sup>. При этом для получения требуемых свойств текстильного изделия соевые волокна могут смешиваться с хлопком, шерстью, лиоцеллом, полиэстером, вискозой, бамбуковой вискозой и другими волокнами. Соевые волокна также широко распространены в производстве постельных принадлежностей, в частности одеял.

В натуральном виде соевые волокна (рис. 11) отличаются благородным светло-желтым золотистым цветом, мягкие, шелковистые на ощупь. Волокна SPF могут окрашиваться слабокислотными или основными красителями. При этом стойкость к окрашиванию довольно низкая. Можно также окрашивать активными красителями.



Рис. 11. Соевые волокна

В проходящем свете микроскопа соевые волокна имеют корообразную структуру с множеством пустот, иногда с «ложным каналом». Точечные включения отсутствуют. В поляризованном свете обладают яркой неоднородной интерференционной окраской голубого цвета с участками желтого и коричневого цвета. Компенсация происходит в 1 порядке. Иллюстрации волокон в проходящем и поляризованном свете представлены на рисунке 12.

<sup>1</sup> Что мы знаем о сое? URL: <https://ecotkani.ru/stati/81-chto-my-znaem-o-soe> (дата обращения: 30.11.2023).

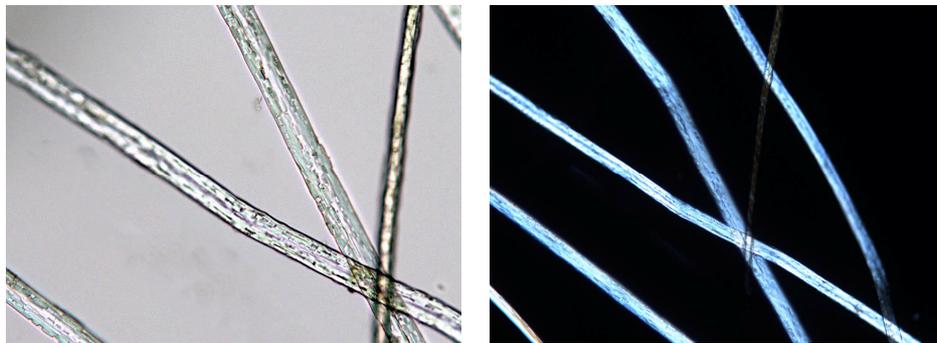


Рис. 12. Соевые волокна в проходящем свете при увеличении 400 крат (слева); в поляризованном свете при увеличении 200 крат (справа)

По морфологии сырье SPF представляет собой волокна неравномерной толщины с неопределенной формой поперечного сечения. На поверхности находится множество трещин и неровностей, о чем свидетельствуют изображения, полученные на сканирующем электронном микроскопе Tescan Mira 3 LMH (рис. 13).

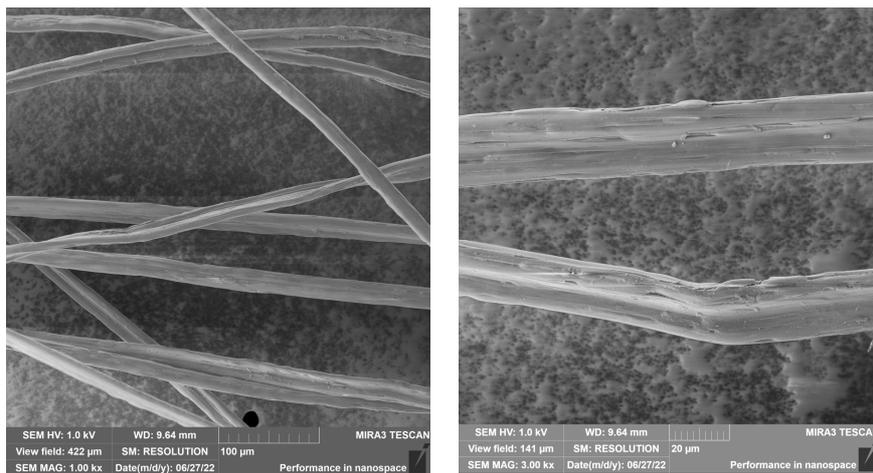


Рис. 13. Морфология соевых волокон SPF в сканирующем электронном микроскопе при увеличении 1 000 крат (слева) и 3 000 крат (справа)

При термическом воздействии волокна горят с пламенем, в то время как происходит их плавление и усадка, образуется дым и выделяется резкий запах гари. При удалении от пламени волокна продолжают гореть до полного расплавления с образованием темного шарика.

При воздействии на волокна различными кислотами и растворителями установлено, что волокна растворяются при комнатной температуре в концентрированной серной кислоте. При воздействии на волокна концентрированной соляной и муравьиной кислотами происходит медленная их деструкция с образованием густой слизи. При воздействии концентрированной азотной кислотой наблюдается медленное растворение волокон, сопровождающееся образованием газовой среды.



По итогам изучения молекулярного состава основных компонентов соевых волокон методом ИК-спектроскопии с преобразованием Фурье установлено, что образцы изготовлены из материалов смешанной природы. ИК-спектр волокон SPF представлен на рисунке 14.

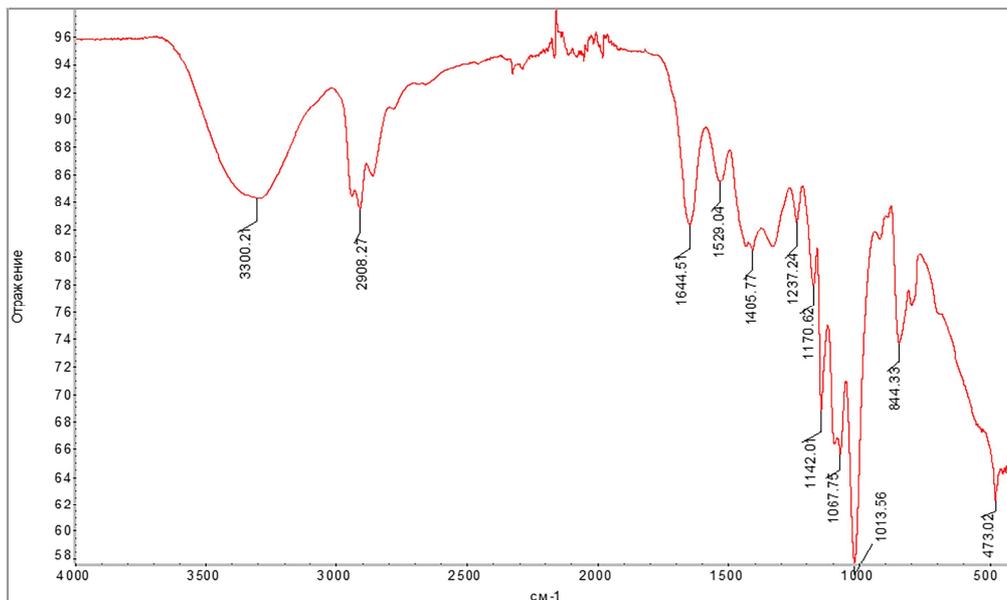


Рис. 14. ИК-спектр соевых волокон SPF

Результаты исследования вышеописанных волокон на растворимость в кислотах и растворителях, а также отношение данных волокон к действию высоких температур, характер их горения отражены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1

Таблица растворимости волокон нового поколения

№ п/п	Название текстильного сырья	Серная кислота конц. (при нормальной темп.)		Соляная кислота конц.		Азотная кислота конц.		Уксусная кислота ледяная		Муравьиная кислота		Диметл-формамид		Фенол (при нагревании, t, 70°C)	10%-ный едкий натр		Ацетон		Хлороформ		Четырех-хлористый углерод	
		При комнатной температуре	При нагревании (t, 40°C)	При комнатной температуре	При нагревании (t, 70°C)	При комнатной температуре	При нагревании (t, 70°C)	При комнатной температуре	При нагревании (t, 70°C)	При комнатной температуре	При нагревании (t, 70°C)	При комнатной температуре	При нагревании (t, 70°C)		При комнатной температуре	При нагревании (t, 70°C)	При комнатной температуре	При нагревании (t, 70°C)	При комнатной температуре	При нагревании (t, 70°C)	При комнатной температуре	При нагревании (t, 70°C)
1.	Волокна «SeaCell»	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
2.	Кукурузные волокна «Ingeo»	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Р	Н	Н	Н	Р	Р	Н	Н	Н	Р	Р	–	Н	Н	Н
3.	Соевые волокна «SPF»	Р	ЧР	БИ	МР	–	Н	Н	ЧР	БИ	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н

Р – растворяется; Н – не растворяется; ЧР – растворяется частично; МР – медленное растворение, сопровождающееся образованием газовой среды; БИ – без изменений.



Таблица 2

**Характер горения текстильных волокон нового поколения**

№ п/п	Название текстильного сырья	Поведение в пламени	Описание пламени	Запах продуктов горения	При удалении от пламени	Остаток после сжигания
1.	Волокна SeaCell	Горят быстро, вспышками	Горят с пламенем	Жженой бумаги	Продолжают гореть	Легкий серый пепел
2.	Кукурузные волокна Ingeo	Плавятся и усаживаются, образуя дым	Не горят	Резкий запах при плавлении, при удалении из пламени характерный запах отсутствует	Быстро затухают	Твердый шарик белого цвета. В порошок не растирается
3.	Соевые волокна SPF	Плавятся и усаживаются, образуя дым	Горят с пламенем	Резкий запах гари	Продолжают гореть	Твердый темный шарик

В заключение следует отметить, что технологи находятся в поиске альтернативных источников для изготовления текстильных изделий. В частности, для получения волокон стало применяться сырье, ранее считавшееся непригодным для этих целей. В современных технологиях осуществляется переработка сельскохозяйственных культур (кукурузный крахмал, пшеничная клейковина, соевый белок и др.), продуктов животноводства (казеиновый белок), а также отходов пищевой промышленности (панцири морских ракообразных), которые в последующем служат основой для создания текстильных волокон.

Кроме того, текстильная индустрия ориентирована на создание волокон, отвечающих потребительским стандартам современного рынка, а именно обогащенных аминокислотами и различными микроэлементами. Так, в сырье для изготовления волокон могут добавляться измельченные морские водоросли либо хитиновые покровы морских ракообразных.

Разумеется, объемы производства указанных волокон на мировом рынке пока незначительные. Однако настоящее положение не исключает их присутствия в составе текстильных товаров, поступающих на рынок, а также вероятность представления материала, в состав которого входят указанные волокна, на экспертное исследование. Поэтому для качественного решения поставленных задач эксперты должны обладать сведениями обо всех новинках и тенденциях текстильной индустрии, а также свойствах и сфере применения выпускаемого сырья.

**Список источников**

1. Achlim Y. Soybean protein fiber (SPF): an eco-friendly textile material you show know about. URL: <https://www.onegreenplanet.org/lifestyle/soybean-protein-fiber-spf-an-eco-friendly-textile-material-you-show-know-about/> (date of access: 30.11.2023).



2. Rijavec T., Zupin Ž. Soybean protein fibres (SPF) // Recent trends for enhancing the diversity and quality of soybean products / ed. by D. Krezhova. InTech, 2011. P. 501–522. URL: [https://www.researchgate.net/publication/221918717\\_Soybean\\_protein\\_fibres\\_SPF](https://www.researchgate.net/publication/221918717_Soybean_protein_fibres_SPF) (date of access: 30.11.2023).

### References

1. Achlim Y. Soybean protein fiber (SPF): an eco-friendly textile material you show know about. Available from: <https://www.onegreenplanet.org/lifestyle/soybean-protein-fiber-spf-an-eco-friendly-textile-material-you-show-know-about/>. Accessed: 30 November 2023. (In Eng.).

2. Rijavec T., Zupin Ž. Soybean protein fibres (SPF). In: Recent trends for enhancing the diversity and quality of soybean products. Ed. by D. Krezhova. InTech; 2011: 501–522. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/221918717\\_Soybean\\_protein\\_fibres\\_SPF](https://www.researchgate.net/publication/221918717_Soybean_protein_fibres_SPF). Accessed: 30 November 2023. (In Eng.).

**Стецюк Марина Николаевна,**

старший эксперт ЭКЦ МВД России; mstetciuk@mvd.ru

**Иванов Юрий Леонидович,**

главный эксперт ЭКЦ МВД России; iuivanov20@mvd.ru

**Катренко Денис Васильевич,**

эксперт ЭКЦ МВД России; dkatrenko2@mvd.ru

**Stetsyuk Marina Nikolaevna,**

senior expert of the Forensic Science Centre  
of the Ministry of the Interior of Russian Federation; mstetciuk@mvd.ru

**Ivanov Yuri Leonidovich,**

chief expert of the Forensic Science Centre  
of the Ministry of the Interior of Russian Federation; iuivanov20@mvd.ru

**Katrenko Denis Vasilyevich,**

expert of the Forensic Science Centre  
of the Ministry of the Interior of Russian Federation; dkatrenko2@mvd.ru

Статья поступила в редакцию 12.01.2024; одобрена после рецензирования 18.01.2024; принята к публикации 25.01.2024.

The article was submitted 12.01.2024; approved after reviewing 18.01.2024; accepted for publication 25.01.2024.

\* \* \*