

УДК 541(64+14) : 539.3 : 547.452.81

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХЛОПКОВЫХ ВОЛОКОН, ОБЛУЧЕННЫХ УФ-ЛУЧАМИ В ПРОЦЕССЕ ИХ СОЗРЕВАНИЯ

Шерматов М.

Изучены структура и механические свойства хлопковых волокон, облученных УФ-лучами в процессе их созревания. В большеугловых меридиональных рентгеновских дифрактограммах обнаружен рефлекс при $2\theta \approx 19-20^\circ$, когда для волокон, выращенных при обычных природных условиях, подобный рефлекс не обнаруживается. Обнаружено также различие деформационных и долговременных свойств облученных и необлученных волокон.

Исследованию механических свойств полимеров, в том числе естественных волокнообразующих полимеров — шерсти, шелка, хлопкового волокна и т. п., посвящено много работ [1-3], в которых исследования проводили в различных условиях (при действии активных и агрессивных сред, ионизирующих излучений и т. п.) на образцах вполне организованной структуры. Исследования же механических свойств таких волокнообразующих полимеров, подвергнутых облучению в процессе их созревания, в литературе мало известны.

В настоящей работе исследовали влияние УФ-излучения на механические свойства и структуру хлопкового волокна при облучении хлопчатника на разных стадиях его созревания. Было выбрано УФ-излучение с длиной волны $\lambda = 253,7$ нм.

Известно много работ, посвященных УФ-облучению растений, в частности хлопчатника, которые систематизированы в обзоре [2], где отмечено, что даже одноразовое УФ-облучение хлопчатника в течение 15 мин приводило к превышению на 30-50% всех показателей роста и развития хлопчатника по сравнению с контрольным образцом. Поэтому вопрос о том, что УФ-облучение определенной дозой приводит к увеличению урожайности хлопчатника, является бесспорным. Изменение же механических параметров хлопкового волокна и его срока созревания при УФ-облучении не изучали.

Ранние исследования влияния облучения на рост и развитие хлопчатника выполнены на небольшом участке поля, так что эти работы можно считать лабораторными. В нашем случае опыты проводили на полях большого масштаба в десятки и сотни гектаров.

Опыты по УФ-облучению хлопчатника были проведены с использованием сельскохозяйственного трактора, куда была вмонтирована установка по УФ-облучению. В комплект УФ-облучателя входят генератор переменного тока мощностью 1 кВт, стабилизатор напряжения на 220 В и УФ-лампа марки ОБН-150, максимум излучения которой приходится на $\lambda = 253,7$ нм.

УФ-облучение кустов хлопчатника проводили начиная с фазы всходов, следовательно, облучались как кусты — источники плодообразования, так и волокна с первых дней своего появления на кусте. УФ-облучение кустов проводили периодически через 6 дней, при каждом облучении экспозиция составляла 12-14 мин.

Далее хлопок-сырец снимали с кустов облученных и необлученных участков, фазы бутонизации которых совпадают друг с другом, и подвергали исследованию. Образцы брали в виде пучков волокон, приготовленных согласно методике, описанной в работе [4].

Все исследования проводили для волокон хлопка сорта 175 Ф. Поскольку важно количество образованных плодоземелентов и в конечном итоге готовых коробочек, прежде всего выяснили влияние УФ-облучения на способность листьев хлопчатника к плодообразованию [4].

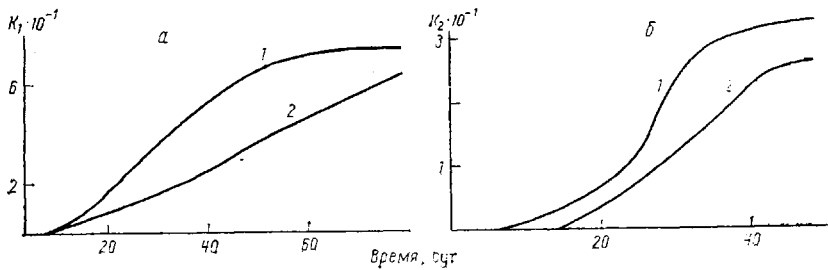


Рис. 1. Временная зависимость плодо- (а) и коробочкообразовательной способности (б) листьев облученного (1) и необлученного хлопчатника (2)

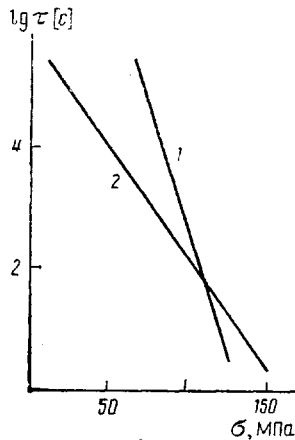


Рис. 2

Рис. 2. Временная зависимость прочности облученных (1) и необлученных хлопковых волокон (2)

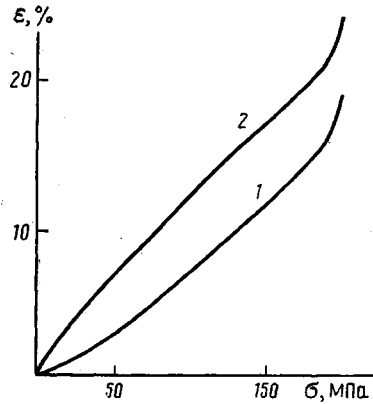


Рис. 3

Рис. 3. Деформационные характеристики облученных (1) и необлученных хлопковых волокон (2)

Рассмотрим тот период развития хлопчатника, который начинается с плодобразования и кончается образованием коробочек [1].

Если обозначить через K_1 отношение количества плодоземелюментов к количеству листьев в кустах, а через K_2 отношение количества образованных коробочек к количеству листьев, то динамика изменения коэффициентов K_1 и K_2 для облученных и необлученных кустов выглядит так, как показано на рис. 1. Видно, что биологическая активность облученных кустов хлопчатника значительно больше, чем необлученных.

Далее были проведены измерения механических характеристик хлопковых волокон, облученных УФ-лучами в процессе их созревания, в сравнении с необлученными. Для любого хлопкового волокна основными параметрами, определяющими его механические свойства, являются прочность, деформируемость, долговечность.

На рис. 2 приведены зависимости долговечности τ от напряжения σ при комнатной температуре для хлопковых волокон, облученных и необлученных в процессе их созревания. Видно, что по долговечности эти волокна отличаются друг от друга. Из рис. 2 следует, что в области больших значений долговечности (>10 с) облученные в процессе созревания хлопковые волокна имеют более высокую долговечность.

Здесь важно подчеркнуть, что упрочняющее действие УФ-облучения проявляется именно при воздействии излучения в процессе созревания волокон. Известно, что УФ-облучение уже сформировавшихся волокон вызывает снижение прочности (долговечности) [5] вследствие деструкционных процессов, вызываемых УФ-облучением.

Биологическое воздействие УФ-облучения на созревание хлопковых волокон оказывается способным преодолеть деструкционные эффекты, снижающие прочность, и обеспечить повышение прочности.

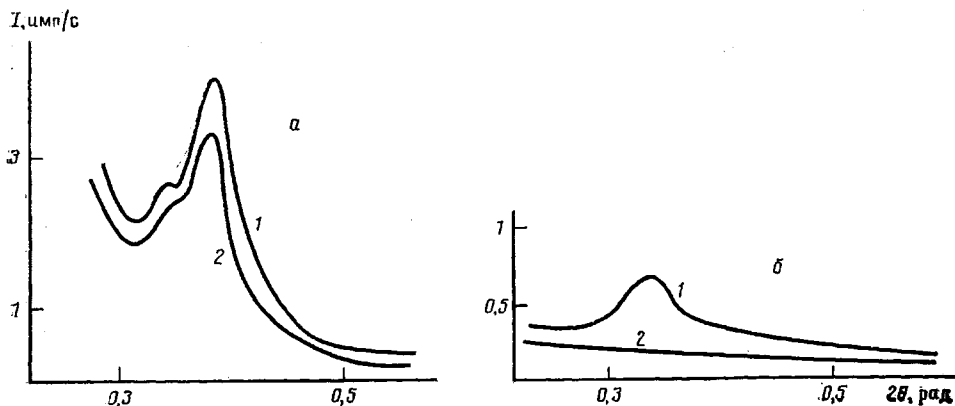


Рис. 4. Угловое распределение интенсивности большеугловых экваториальных (а) и меридиональных (б) рефлексов, облученного (1) и необлученного хлопкового волокна (2)

Вслед за установлением разницы в прочностных свойствах было изучено влияние УФ-облучения на деформационные свойства хлопковых волокон. На рис. 3 приведена зависимость деформации ϵ хлопковых волокон от σ . Видно, что ϵ облученных волокон ниже, т. е. структура облученных волокон более «жесткая». Полученные данные о влиянии облучения на прочностные и деформационные свойства хлопковых волокон обусловили интерес к выяснению структурных различий облученных и необлученных волокон, поскольку именно структурные характеристики определяют механические свойства полимерных волокон [4, 6].

Структурные исследования проводили методом рентгеновской дифракции на установке УРС-60 с гониометром ГУР-4; излучение $\text{CuK}\alpha$.

Дифрактограммы волокон хлопка показаны на рис. 4. В экваториальном направлении существенной разницы для облученных и необлученных волокон не наблюдается. В меридиональном же направлении различия достаточно резкие. Вблизи $2\theta \approx 19-20^\circ$ для облученного в процессе созревания волокна виден сравнительно острый рефлекс, который для необлученного волокна не наблюдается. Наличие такого рефлекса свидетельствует об образовании трехмерноупорядоченных областей (кристаллитов), в то время как для необлученного волокна остается упорядоченность меньшей размерности (только азимутальная), близкая к ЖК-порядку. Возможно, что именно более высокая структурная упорядоченность облученных волокон и вызывает их повышенную прочность и жесткость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автономов А. И. // Хлопководство. М., 1983. С. 87.
2. Дубров А. П. // Генетические и физиологические эффекты действия ультрафиолетовой радиации на высшие растения. М., 1967. С. 64, 107.
3. Шемшурин Н. А., Соловьев А. Н. Исследование хлопкового волокна. М., 1933. С. 278.
4. Рахматов А. Дис. ... канд. физ.-мат. наук. Ташкент: Ташкент. гос. ун-т, 1971.
5. Регель В. Р., Слуцкер А. И., Томашевский Э. Е. // Кинетическая природа прочности твердых тел. М., 1975. С. 560.
6. Муцнов Т. М., Марупов Р., Капкаева С. Х. Докл. АН ТаджССР, 1975. Т. 18. С. 26.

Ленинабадский государственный педагогический институт им. С. М. Кирова

Поступила в редакцию 26.VI.1987