

УДК 677.014.7

ВИДИМОЕ ЗАРАЖЕНИЕ МИКРОСКОПИЧЕСКИМИ ГРИБАМИ И КЛЕЙКОСТЬ ВОЛОКНА ХЛОПКОВОГО

© *И.В. Лусинян^{1*}, К.В. Сергеев¹, Е.Л. Пехташева²*

¹*Инновационный научно-производственный центр текстильной и легкой промышленности (ИНПЦ ТЛП), ул. Орджоникидзе, 12, Москва, 119071 (Россия), e-mail: lusinian@mail.ru*

²*Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, Москва, 117997 (Россия), e-mail: pekhtashevael@mail.ru*

Рассматривается возможность взаимосвязи видимого заражения микроскопическими грибами с клейкостью хлопкового волокна. После проведения анализа образцов микроскопических грибов методом ДНК секвенирования по Сенгеру была определена их видовая принадлежность. Эмпирические данные о поведении данных зон заражения при термодетекции, а также обзорная информация о морфологии микроскопических грибов, приводят к выводам об использовании видимого заражения микроскопическими грибами как индикатора клейкости на волокне. В статье описана методика классификации зараженного хлопка, что облегчает практическую задачу классификации.

Ключевые слова: микроскопические грибы, волокно хлопковое, клейкость, трегалюлоза, термодетекция, мониторинг, классификация.

Введение

Сырьем для прядильного производства может служить широкий спектр натуральных, искусственных и химических волокон. По данным Российского хлопкового союза (РХС), в 2012 г. в Россию завезено порядка 95 тыс. тонн хлопка-волокна – 97,25% от уровня 2011 г. [1], и этот объем сохраняется последние два года. Рынок хлопкового волокна всегда привлекает промышленников возможностью создания текстильной продукции с высокими гигиеническими свойствами, все чаще являющимися причиной повышенного спроса со стороны потребителем. Экологически чистое волокно не всегда может быть безвредным, даже будучи произведенным традиционным способом. Выращенное на полях во внешних природных условиях биогеоценоза, хлопковое волокно может быть подвержено воздействию массы разнообразных насекомых-вредителей и нести в себе в дальнейшем скрытые факторы риска для производства и человека. В данной статье рассматривается вопрос связи заражения хлопкового волокна микроскопическими грибами с его клейкостью (наличием «медовой росы»).

В Средней Азии, где повсеместно выращивается хлопок, места поражения микроскопическими грибами на волокне называют «черной широй». Местные жители знают, что почернения имеют липкую консистенцию и сладковатые, причем слово «шира» в переводе с фарси означает «сладость».

На рисунке 1 показан слой пробы хлопкового волокна, локально пораженный микроскопическими грибами, и обнаруженный классером при просматривании образца в виде «раскрытой книжки».

Проводя испытания такого хлопкового волокна на степень клейкости методом упрощенной термодетекции [2] в лаборатории испытательного центра при ОАО «ИНПЦ ТЛП», было замечено частое совпадение

Лусинян Иван Вагенович – руководитель испытательного центра, аспирант, тел.: (495) 741-02-50, e-mail: lusinian@mail.ru

Сергеев Кирилл Владимирович – заместитель генерального директора, кандидат технических наук, тел.: (495) 958 05 74, e-mail: kirill_sergeev@mail.ru

Пехташева Елена Леонидовна – профессор кафедры товароведения, доктор технических наук, e-mail: pekhtashevael@mail.ru

зон заражения с точками приклеивания к алюминированной фольге. Эти зоны были названы зонами видимого заражения микроскопическими грибами, сокращенно ВЗМГ, как частный случай бактериально-грибкового заражения (БГЗ) по ГОСТ Р 53030–2008 «Волокно хлопковое. Методы определения клейкости и бактериально-грибкового заражения».

* Автор, с которым следует вести переписку.



Рис. 1. Пример видимого заражения микроскопическими грибами, легко обнаруживаемого на хлопковом волокне классером

Экспериментальная часть и обсуждение результатов

Авторы данной статьи поставили задачу определить причины совпадения зон, пораженных микроскопическими грибами, с зонами повышенной клейкости и таким образом понять являются ли грибы клейкими сами по себе или позиционируются на скрытых клейких зонах, сигнализируя об их наличии. Для этого необходимо представлять природу явления клейкости хлопкового волокна. Определив видовую принадлежность микроскопических грибов, его морфологию и метаболизм, можно сделать выводы о возможности данных грибов проявлять клейкие свойства либо служить индикатором клейкости.

Значительный вклад в изучение клейкости хлопкового волокна на Западе внесли американские ученые из Техаса Нуретдин Абиди и Эрик Хекет. С помощью методов высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) в водной вытяжке из хлопка обнаружены девять основных сахаров, и только один из них способен в большей степени накапливаться на рабочих органах прядильного оборудования и создавать помехи на производстве. Этим сахаром оказалась трегалюлоза ($C_{12}H_{22}O_{11}$) – олигосахарид, изомер сахарозы, представленный на рисунке 2.

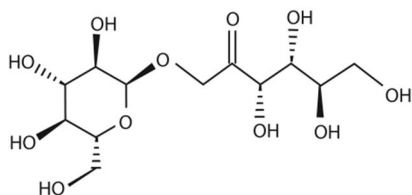


Рис. 2. Структурная формула трегалюлозы

Ключевым фактором, позволяющим приводить к клейкости хлопка, у трегалюлозы оказалась низкая температура плавления, в два-три раза ниже, чем у остальных сахаров, равная по данным Хекета $48\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3]. Стоит отметить, что трегалюлоза является исконно энтомологическим сахаром и привносится на волокно исключительно с выделениями («медовой росой») вредителей хлопчатника – хлопковой тли (*Aphis Gossypii*) и белокрылки (*Bemisia spp.*). Не следует путать данный сахар с трегалозой, также

входящей в перечень обнаруженных Хекетом и Абиди сахаров на хлопковом волокне, но имеющем другие химические и физические свойства (температура плавления, наличие групп и т.д.).

Устаревшие методики определения клейкости волокна, которыми еще пользуются текстильщики, направлены на определение присутствия альдегидных функциональных групп $-\text{CHO}$, например метод Бенедикта по ГОСТ Р 53030–2008 или метод Фелинга, и позволяют обнаружить все так называемые восстанавливающие сахара, в том числе глюкозу и фруктозу. Уже доказано, что присутствуя на хлопковом волокне, глюкоза и фруктоза не проявляют высокой клейкости при переработке в прядении. Хотя трегалюлоза способна проявлять восстанавливающие свойства из-за наличия кетогруппы $>\text{C}=\text{O}$ (см. структурную формулу на рис. 2), применение метода Бенедикта бесполезно для ее индивидуального обнаружения. Другой физический метод определения клейкости – термодетекция, моделируя взаимодействие рабочих поверхностей с волокном, воссоздавая нагрузки и температуры, позволяет идентифицировать зоны клейкости, является наиболее прогрессивным, и

имеет высокую корреляцию со случаями на производстве. Поэтому авторы данной статьи обратили особое внимание на аномалию совпадения зон клейкости с зонами ВЗМГ при термодетектировании.

Для определения видовой принадлежности микроскопических грибов в качестве объектов исследования были отобраны два образца среднеазиатского хлопкового волокна, имеющие разные селекции и выращенные в разных местах. Первый образец хлопкового волокна относился к селекции С-4727, джинированный на хлопкозаводе № 253 г. Мырзакента Мактааральского района Республики Казахстан, второй образец – селекции АНЗб, джинированный на хлопкозаводе № 069 г. Ахунбабаев Андижанской области Республики Узбекистан. Оба образца имели многочисленные зоны ВЗМГ с заметными невооруженным глазом гифами.

Для определения видовой принадлежности ВЗМГ испытания проводились по методике секвенирования ДНК по Сэнгеру на приборе HITACHI Biosystems 3130 в московской лаборатории ВНИИСБ РАСХН*. Очистку ампликона проводили на колонках Omnix. С помощью капиллярного электрофореза получена последовательность длиной более 530 пиков. По международной базе NCBI GenBank [4] определено соответствие микроскопических грибов *Cladosporium cladosporioides*. На рисунках 3 и 4 показаны фрагменты последовательности пиков первого и второго образцов.

Несмотря на многочисленные отличия между собой выбранных образцов хлопкового волокна по селекционному сорту, морфологическим признакам, периоду вызревания, а также зонам произрастания с удаленностью более 500 км, результаты метода ДНК секвенирования показывают идентичность вида микроскопических грибов на обоих образцах хлопка.

По современным данным Дугана и др. род *Cladosporium* насчитывает более 772 разновидностей [5], способных развиваться в различных условиях на многочисленных сельскохозяйственных культурах и в быту. Существуют данные других авторов, подтверждающие возможность обнаружения *Cladosporium cladosporioides* на хлопковом волокне, правда, косвенно. Сообщение об обнаружении того же рода *Cladosporium* на хлопковых семенах получено от другого исследователя – М.М. Пидопличка [6], который определил эти микроскопические грибы как *Cladosporium gossypicola*. В более ранних работах русского основателя микологии профессора А.А. Ячевского с экспериментальной станции в Бухаре (УзССР) на хлопковом волокне (*Gossypium hirsutum*) был обнаружен вид микроскопических грибов, которым исследователь дал название *Cladosporium gossypii* [7].

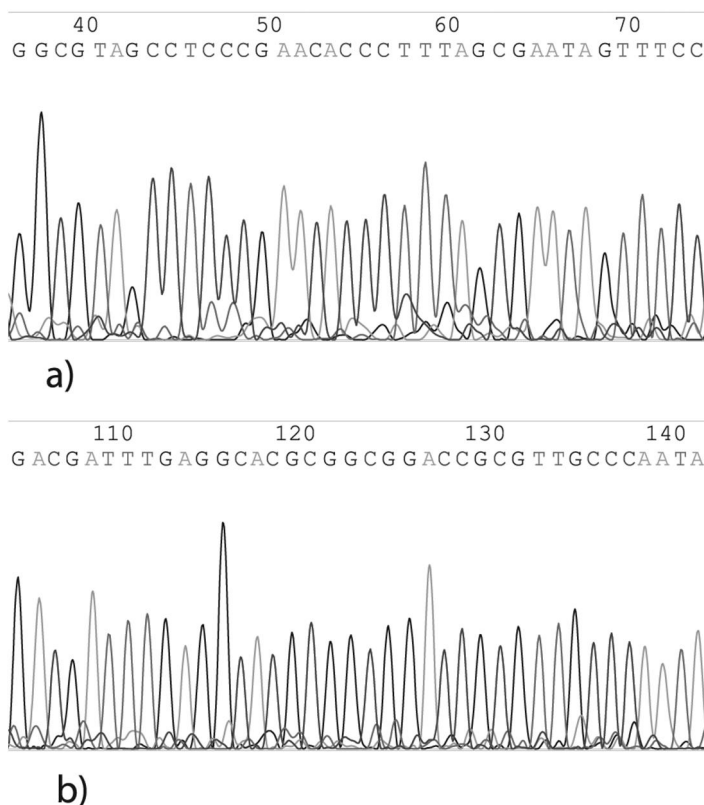


Рис. 3. Фрагменты а и б последовательности пиков секвенирования молекулы ДНК первого образца

* Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии.

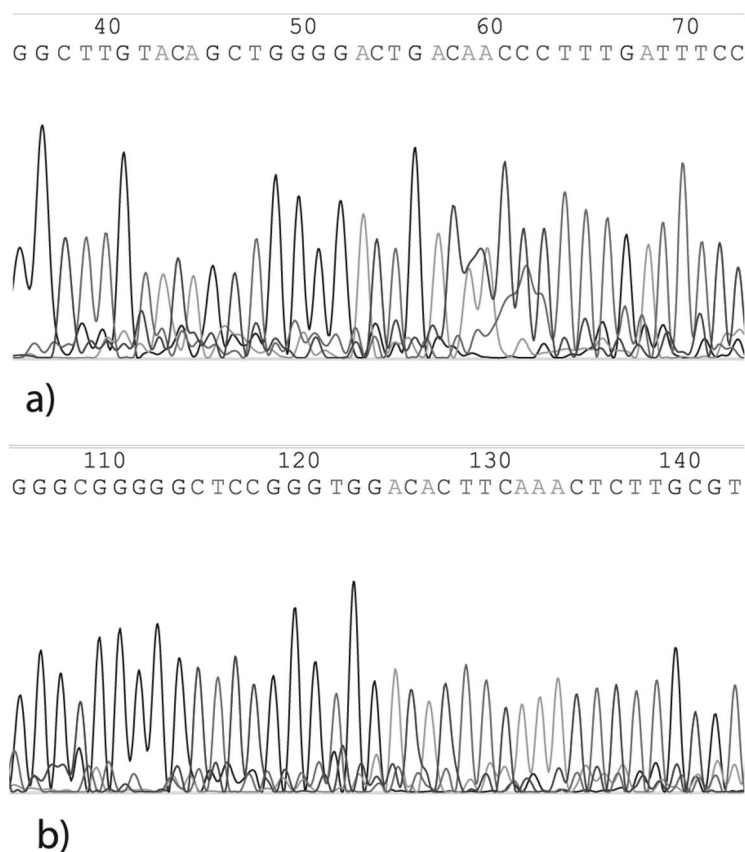


Рис. 4. Фрагменты а и б последовательности пиков секвенирования молекулы ДНК второго образца

Возвращаясь к обнаруженному факту совпадения точек клейкости с ВЗМГ, на первый взгляд напрашивается вывод, что ВЗМГ проявляет клейкие свойства. Как было отмечено ранее в работах Х.А. Бахрамовой, С.Г. Охотник, Л.П. Ладыниной и других авторов, одна из причин появления клейкости у хлопкового волокна, помимо наличия незрелого пластика, является поражение хлопчатника сапрофитами (плесневыми грибами), различными паразитными бактериями [8].

Как известно, сапрофиты задействованы в процессах деструкции органического вещества, в частности целлюлозы хлопкового волокна, и выделяют углекислый газ, воду, мочевины, аммиак. Ни одно из этих веществ не проявляет клейких свойств в технологических условиях прядения. Также не нашлось подтверждений о способности самого *Cladosporium cladosporioides* выделять клейкие вещества. Более того, было обращено внимание на морфологию обнаруженных микроскопических грибов.

Согласно найденным последним данным исследователя из Венесуэлы Джаконды Сан-Блас клеточные стенки *Cladosporium* в основном состоят из гексоз (34–47%) и β -1,3-глюканов, в том числе было обнаружено некоторое количество галактозы и маннозы [9]. Галактоза и манноза являются моносахаридами (гексозами) с температурой плавления 167 и 132 °С соответственно, что, согласно температурным исследованиям технологических рабочих зон по Хекету и Абиди, является достаточно высоким показателем для внесения значительного вклада в клейкость.

Если сами микроскопические грибы не проявляют клейкости и не выделяют клейкие вещества, тогда причина совпадения точек клейкости на алюминиевой фольге при термодетекции в том, что эти грибы развиваются на благоприятных для них условиях питания. Существуют упоминания об обнаружении гриба рода *Cladosporium* на тле, а также на выделениях тли, т.е. на «медовой росе», используемой микроскопическими грибами в качестве питательной среды. По наблюдениям исследователей энтомологов В.Н. Рекача и Т.А. Добрецовоной, данные микроскопические грибы вызывают появление черной сажистой пленки (черная шира), еще более обесценивая качества волокна [10, с. 53]. Эти же авторы указали на развитие сапрофитных грибов на скоплениях экскрементов хлопковой тли. Как было отмечено ранее, хлопковая тля (*Aphis Gossypii*) и белокрылка (*Bemisia spp.*) выделяют «медовую росу», содержащую трегалюлозу, и вклад данного сахара является ключевым в степени клейкости хлопкового волокна [3]. Локализация данных микроскопических грибов именно на «медовой росе» позволяет говорить о возможности идентификации зон клейкости и оценки масштаба заражения без применения сложных методов.

Идея использования ВЗМГ в качестве индикации клейкости хлопкового волокна на стадии классирования* была реализована в Испытательном центре при ОАО «ЦНИТИ»**.

Известно, что на базе существующей американской классификации кодов USDA***, в 1996 г. Узбекским национальным центром по сертификации хлопка «Сифат» был внесен дополнительный код для обозначения наличия заражения «широй» – код 04. Предлагаемая система оценки УЦ «Сифат» позволяет присваивать кодировку хлопковому волокну с ВЗМГ. Но недостатком данной системы, по мнению авторов, является малая информативность, ведь данное кодовое обозначение показывает только наличие либо отсутствие «черной шири», т.е. ВЗМГ, и исключает возможность классирования по интенсивности ВЗМГ.

С 2011 по 2013 г. в Испытательном центре «ЦНИТИ» в условиях специально оборудованной классерской комнаты авторами проведена работа по мониторингу большого количества образцов проб среднеазиатского хлопкового волокна, при 10% выборки из каждой партии. Было исследовано около 30 тыс. т хлопкового волокна, что соответствует более 600 партий. При этом зараженный хлопок отбраковывался по интенсивности заражения. Стоит отметить, что, по предварительным данным, всего около 10% среднеазиатского хлопкового волокна не имело ВЗМГ при наличии термодетектируемой клейкости.

Интегрируя данные по признакам образцов проб выборки, выявлены наиболее типичные формы проявления ВЗМГ на волокне, фотографии типовых видов которых представлены на рисунках 5–7, и определена методика классирования хлопкового волокна на наличие ВЗМГ.

Разработанная методика подразумевает использование визуальной оценки волокна по ГОСТ Р 53234-2008 «Волокно хлопковое. Методы определения цвета и внешнего вида», с использованием тех же подготовительных условий, что указаны в стандарте. При классировании хлопкового волокна, в случае обнаружения едва заметной отдельной цепочки гифов микроскопических грибов хотя бы в одном из просмотренных слоев, как в случае на рисунке 5, специалист-классер должен присвоить данной пробе код 040. При обнаружении отчетливых гифов микроскопических грибов в двух слоях пробы хлопкового волокна, но не более чем в двух, присваивается код 041 (рис. 6), более чем в двух слоях – код 042 (рис. 7). Из опыта работы фабрик известно, что хлопковое волокно, по описанию соответствующее коду 041, может вызвать трудности при переработке, а хлопок с кодом 042 является проблемным для переработки, и представляет угрозу здоровью персонала, работающего с ним.

Характеристики признаков, соответствующих степени поражения ВЗМГ хлопкового волокна, указаны в таблице.

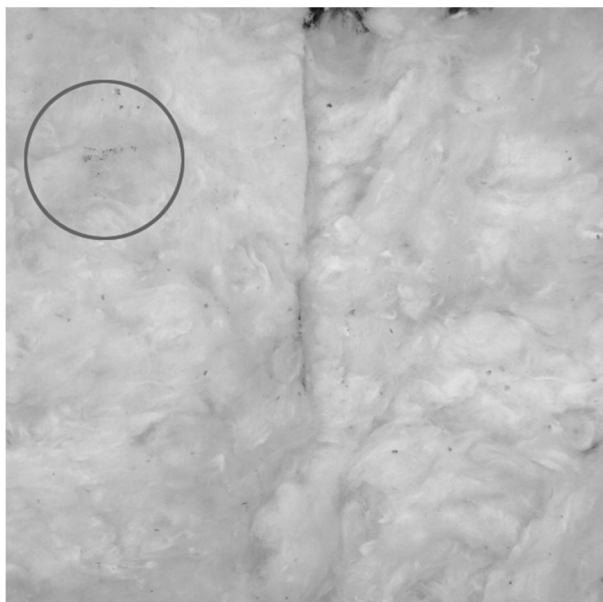


Рис. 5. Следы ВЗМГ на хлопковом волокне – классерский код 040

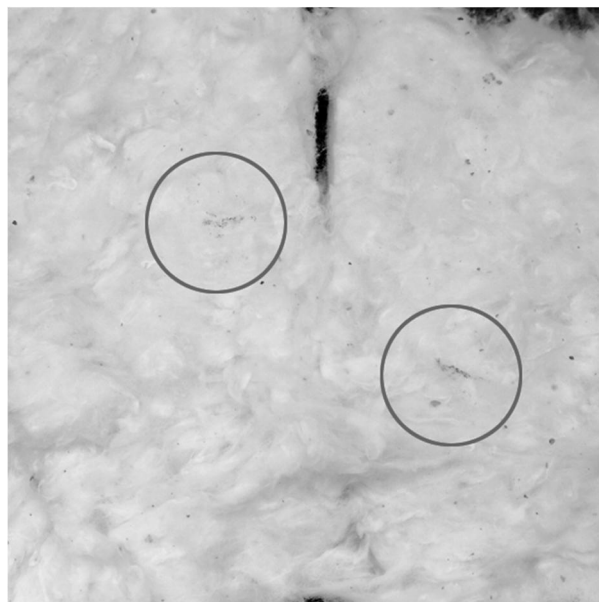


Рис. 6. Средняя степень ВЗМГ – классерский код 041

* Визуальная оценка, проводимая в специализированных классерских комнатах.

** ОАО «Центральный научно-исследовательский текстильный институт», Москва.

*** Департамент сельского хозяйства США (на яз. оригинала United State Department of Agriculture).

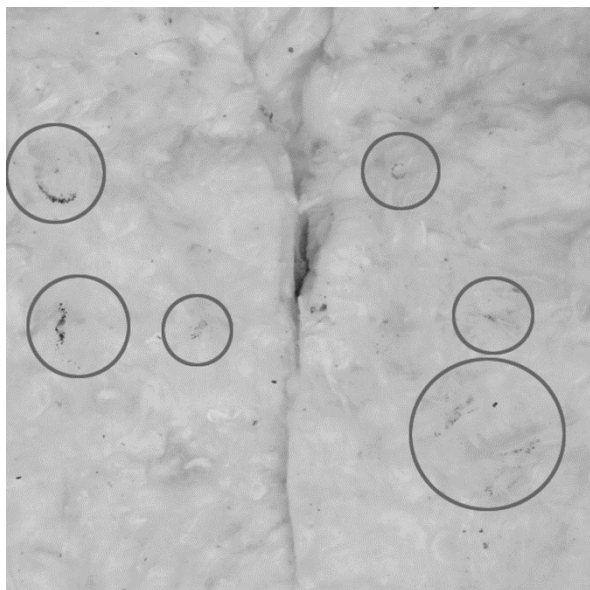


Рис. 7. Сильная степень ВЗМГ – классерский код 042

Система оценки степени ВЗМГ на хлопковом волокне

Коды	Краткая характеристика	Описание ВЗМГ
– 040	не наблюдается следы ВЗМГ	Признаки ВЗМГ отсутствуют Едва заметные <i>гифы</i> микроскопических грибов в отдельном слое пробы хлопкового волокна
041	среднее ВЗМГ	Заметные <i>гифы</i> микроскопических грибов не более чем в двух слоях пробы хлопкового волокна
042	сильное ВЗМГ	Зоны ВЗМГ более чем в двух слоях пробы хлопкового волокна

Авторами предлагается внести данную методику оценки хлопкового волокна в стандарт ГОСТ Р 53224-2008 «Волокно хлопковое. Технические условия» как альтернативный нетрудоемкий способ выявления зараженного хлопка.

Выводы

Авторы попытались доказать, что микроскопические грибы *Cladosporium cladosporioides*, обнаруженные на хлопковом волокне и идентифицированные методом ДНК секвенирования по Сенгеру, не являются клейкими, а факт совпадения зон видимого заражения микроскопическими грибами с точками клейкости при термодетекции позволяет использовать микроскопические грибы в качестве индикации клейкости при визуальной, так называемой классерской оценке хлопка.

Сбор и анализ данных по классированию большого объема хлопкового волокна дал возможность определить наиболее типичные формы проявления ВЗМГ и присвоить им коды. Предлагаемая авторами методика позволяет оценить степень клейкости только зараженного ВЗМГ хлопкового волокна.

Список литературы

1. Краткий обзор рынка хлопчатобумажной отрасли России в 2012 году. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pxc.ru/Pages/newsdata1/stories/2013/02/12/13606599711.html> (дата обращения: 24.08.2013).
2. Лусинян И.В. Объективность методов определения клейкости хлопкового волокна // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2012. №4. С. 49–52.
3. Hequet E., Abidi. N. Processing sticky cotton: Implication of trehalulose in residue build-up // Journal of Cotton Science. 2002. N6. Pp.77–90.
4. Национальный информационный центр по биотехнологии. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
5. Bensch K., Groenewald J.Z., Dijksterhuis J., Starink-Willemse M., Andersen B., Summerell B.A., Shin H.-D., Dugan F.M., Schroers H.-J., Braun U., Crous P.W. Species and ecological diversity within the *Cladosporium cladosporioides* complex (Davidiellaceae, Capnodiales) // Studies in Mycology. 2010. N67. Pp. 1–94.
6. Пидопличка М.М. Грибная флора грубых кормов. Киев, 1953. 496 с.

7. Ячевский А.А. Болезни хлопчатника // Труды прикладной ботаники, генетики и селекции. Л., 1931. Т. XXIV. 77 с.
8. Бахрамова Х.А., Охотник С.Г., Ладынина Л.П. О клейком хлопке // Текстильная промышленность. 1983. №7. С. 47.
9. San-Blas G., Guanipa O., Moreno B., Pekerar S., San-Blas F. *Cladosporium carrionii* and *Hormoconis resinae* (*C. resinae*): cell wall and melanin studies // *Current microbiology*. 1996. N32(1). Pp. 11–16.
10. Рекач В.Н., Добрецова Т.А. Тли хлопчатника в Закавказьи // Материалы по биологии и по борьбе с ними. Тифлис, 1933. 107 с.

Поступило в редакцию 29 августа 2013 г.

После переработки 2 октября 2013 г.

Lusinyan I.V.^{1*}, Sergeev K.V.¹, Pekhtasheva E.L.² THE CONSPICUOUS FUNGAL CONTAMINATION'S (CFC) AND STICKINESS OF COTTON FIBERS

¹Innovation Center of Science and Production of Textile and Light Industry, Ordzhonikidze st., 12, Moscow, 119071 (Russia)

²Plekhanov Russian University of Economics, Stremianni st., 36, Moscow, 117997 (Russia)

This article is about possible correlation between the conspicuous fungal contamination and stickiness of cotton fibre. It was determined the cotton's fungal species name by the means of Sanger DNA sequencing. The analysis of literature about fungal morphology and collection of empirical data of contaminated cotton's thermodetection led to intention to use the presence of conspicuous fungal contamination on cotton fiber as stickiness indicator. In order to improve practical work of cotton classing we also suggested the method of classification of contaminated cotton.

Keywords: fungi, cotton fibre, stickiness, trehalulose, thermodetection, monitoring, classing

References

1. *Kratkii obzor rynka khlopchatobumazhnoi otrasli Rossii v 2012 godu*. [Overview of the market of cotton industry in Russia in 2012]. URL: <http://www.pxc.ru/Pages/newsdata1/stories/2013/02/12/13606599711.html>. (in Russ.).
2. Lusinyan I.V. *Izvestiia vuzov. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti*, 2012, no. 4, pp. 49–52. (in Russ.).
3. Hequet E., Abidi. N. *Journal of Cotton Science*, 2002, no. 6, pp.77–90.
4. *Natsional'nyi informatsionnyi tsentr po biotekhnologii*. [National Center for Biotechnology Information.]. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
5. Bensch K., Groenewald J.Z., Dijksterhuis J., Starink-Willemsse M., Andersen B., Summerell B.A., Shin H.-D., Dugan F.M., Schroers H.-J., Braun U., Crous P.W. *Studies in Mycology*, 2010, no. 67, pp. 1–94.
6. Pidoplichka M.M. *Gribnaia flora grubyykh kormov*. [Fungal flora of roughage]. Kiev, 1953, 496 p. (in Russ.).
7. Iachevskii A.A. *Trudy prikladnoi botaniki, genetiki i seleksii*. [Proceedings of Applied Botany, Genetics and Breeding.]. Leningrad, 1931, vol. XXIV, 77 p. (in Russ.).
8. Bakhramova Kh.A., Okhotnik S.G., Ladygina L.P. *Tekstil'naya promyshlennost'*, 1983, no. 7, p. 47. (in Russ.).
9. San-Blas G., Guanipa O., Moreno B., Pekerar S., San-Blas F. *Current microbiology*, 1996, no. 32(1), pp. 11–16.
10. Rekach V.N., Dobretsova T.A. *Materialy po biologii i po bor'be s nimi*. [Materials on the biology and control]. Tiflis, 1933, 107 p. (in Russ.).

Received August 29, 2013

Revised October 2, 2013

* Corresponding author.

