

УДК 666.973.2

**К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДОВ ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА  
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ****М.А. РОЗЫЕВ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.А. БАКАТОВИЧ)*

*Приведены данные по структуре волокон хлопка. Рассмотрены характерные для волокон хлопка свойства. Приведены и проанализированы результаты кинетики изменения влажности хлопковых волокон без обработки и с обработкой модифицированным жидким стеклом. Определены периоды появления плесени на поверхности волокон в условиях относительной влажности воздуха 97%.*

**Введение.** Традиционно на протяжении 5 тыс. лет хлопковое волокно используется для производства тканей, о чем свидетельствуют археологические раскопки близ города Теуакана в Мексике [1]. Для получения хлопковых волокон в основном выращивают хлопчатник обыкновенный (*Gossypium hirsutum*), происходящий из Центральной Америки и распространившийся по большинству континентов. Волокна хлопка покрывают семена хлопчатника. Сбор хлопка осуществляется вручную или механизированным способом. Хлопок относится к наиболее распространенным и дешевым растительным волокнам [2].

Хлопчатник произрастает в регионах с жарким и сухим климатом с продолжительным периодом солнечных дней. Наибольшее количество хлопка производится в Китае, США, Индии, Пакистане, Узбекистане и Туркменистане (рис. 1).



**Рисунок 1. – Хлопчатник на полях сельскохозяйственного предприятия «Атчапар»  
Елотенского района Марыйской области (Туркменистан, сентябрь 2019 г.)**

Волокно хлопка представляет собой одну растительную клетку, развивающуюся из кожуры семени. Диаметр одного волокна составляет 15–25 мкм в зависимости от длины волокна равной 5–60 мм. Волокно представляет собой полую трубочку, завитую вокруг своей оси 7–10 раз на 1 мм длины. По мере созревания волокна, растут отложения целлюлозы, в результате чего увеличивается прочность волокна. По химическому составу волокно хлопка на 95% состоит из целлюлозы, а остальные 5% приходятся на жировые и минеральные примеси [3, 4].

Хлопковые волокна обладают рядом определенных свойств. Волокнам свойственна высокая гигроскопичность, т.е. способностью впитывать влагу, в том числе из воздуха. При поглощении влаги волокно набухает и увеличивается в объеме на 40%. В отличие от других волокон, у хлопка при намокании прочность не понижается, а повышается примерно на 15%. По прочности на разрыв волокна хлопка сравнимы с шелковыми волокнами, но уступают льну и превосходят шерсть. Как и другие натуральные волокна хлопок, не растворяется в органических растворителях (например, в муравьиной кислоте, уксусе, спирте). Однако, хлопок чувствителен к действию неорганических кислот и щелочей [5].

Хлопковые волокна могут подвергаться вредному воздействию микроорганизмов, т.е. загнивать при длительном нахождении в условиях повышенной влажности. Волокна не обладают огнестойкостью и при горении хлопок источает запах жжёной бумаги [5].

В Республике Туркменистан ежегодно образуется около 5 тыс. тонн отходов хлопкового волокна, получаемого при первичной сортировке волокон на хлопкоперерабатывающих заводах. Данные отходы в больших объемах получают и в других странах Средней Азии. В основном отходы используют как корм

скоту или в производстве ковров. Поэтому проблема, связанная с поиском рациональной технологии по утилизации отходов актуальна для государств Среднеазиатского региона.

**Методики исследования и материалы.** В экспериментах использовали хлопковые отходы в виде волокон длиной не более 10 см, образующиеся на стадии первичного вычесывания хлопка.

Часть образцов хлопковых волокон обрабатывали модифицированным жидким стеклом. Применяли натриевое жидкое стекло производства ОАО «Домановский производственно-торговый комбинат» (Беларусь), соответствующее требованиям ГОСТ 13078. Для придания жидкому стеклу в сухом состоянии водостойкости в вязущее вводили сначала известь и перемешивали до однородной консистенции, а затем добавляли гипс. В исследованиях использовали гидратную известь II сорта без добавок производства ОАО «Забудова», соответствующую требованиям СТБ ЕН 459-1 и строительный гипс выпускаемый на ОАО «Белгипс» согласно ГОСТ 125-79.

Для определения влажности, волокна хлопка предварительно высушивали до постоянной массы. Высушенные образцы материала массой 100 г помещали в герметичную камеру с предварительно залитой водой ниже уровня образца на 40 мм. Температура воздуха в камере соответствовала  $20 \pm 2$  °С, а относительная влажность воздуха составляла 97%. Через определенные промежутки времени образцы извлекали из камеры и определяли влажность.

Параллельно с изучением кинетики изменения влажности исследовали волокна на устойчивость к появлению плесени, вызывающую в дальнейшем загнивание хлопка. Появление плесени определяли визуально в процессе постоянного наблюдения за образцами находящимися в камере.

**Экспериментальные исследования.** На этапе предварительных исследований оценивалась возможность применения отходов хлопковых волокон (рис. 2) как заполнителя для теплоизоляционного материала путем исследования кинетики изменения влажности волокон без обработки и обработанных модифицированным жидким стеклом (таблица 1).

Через сутки после начала испытаний влажность волокон без обработки составила 9%. Относительно показателя первых суток влажность образцов через 3 суток увеличилась в 3,2 раза. На 10 сутки испытаний влажность волокон хлопка повысилась до 57%. В возрасте 30 влажность возросла в 2 раза в сравнении с показателем за период 10 суток испытаний. Наибольшая влажность – 163% – зафиксирована через 70 суток после начала испытаний. Необходимо отметить, что после 30 суток выдерживания в камере прирост влажности образцов существенно замедлился. За последние 25 суток испытания прирост влажности составил 23%.

Таблица 1. – Влажность волокон хлопка при выдерживании в камере при относительной влажности воздуха 97 %

Время выдерживания в камере, сутки	Влажность волокон без обработки, %	Влажность волокон, обработанных модифицированным жидким стеклом, %
0	0	0
1	9	4
2	18	11
4	29	17
6	39	22
10	57	31
15	79	36
20	95	40
25	105	43
30	116	45
35	124	47
45	140	-
55	154	-
70	163	-

Обработка волокон модифицированным жидким стеклом обеспечило существенное снижение показателей влажности на всех этапах измерений. Так в возрасте 1 суток влажность обработанных волокон составил 4%, что в 2,3 раза ниже показателя волокон без обработки. После 10 суток выдерживания в камере показатель влажности обработанных образцов достиг 31%, что в 1,8 раза меньше значения необработанных волокон. В возрасте 35 суток установлено максимальное значение влажности обработанных образцов равное 47%. Интенсивно волокна адсорбировали влагу из воздуха в первые 10 суток. За после-

дующие 25 суток испытаний прирост показателя сократился в 2 раза. Также следует отметить, что сократился период проведения испытания 2 раза. При этом для образцов обработанных жидким стеклом показатель максимальной влажности сократился в 3,5 раза.

Полученный эффект по снижению показателя влажности, обусловлен тем, что модифицированное жидкое стекло при распылении обволакивает тонкой пленкой поверхность волокон и препятствует контакту воздуха содержащего влагу с волокнами хлопка.



**Рисунок 2. – Внешний вид волокон хлопка до начала испытаний**



**Рисунок 3. – Внешний вид необработанных волокон после появления следов плесени**

По окончании эксперимента по исследованию кинетики влажности образцы оставляли в камере при относительной влажности воздуха для дальнейшего определения сроков начала образования плесени на волокнах. После 83 суток наблюдения за образцами на необработанных волокнах хлопка появилась плесень в виде темных точечных образований. При этом хлопья из волокон стали существенно уменьшаться в объеме и стали комковаться (рис. 3).

Плесень на образцах из волокон, обработанных жидким стеклом, зафиксирована только через 129 суток выдерживания в камере. На увеличение периода до начала появления плесени в 1,6 раза по сравнению с необработанными образцами в значительной степени влияет более низкая максимальная влажность обработанных волокон и щелочная среда модифицированного жидкого стекла.

При сопоставлении полученных результатов с экспериментальными данными в работах [6, 7] можно говорить о близких показателях по сорбции влаги отходами хлопковых волокон со значениями для соломы и костросоломенной смеси, волокон и очесов льна. Таким образом, можно прогнозировать получение эффективного теплоизоляционного материала на основе отходов хлопкового волокна модифицированного и жидкого стекла.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Roche, Julian. The International Cotton Trade. – Cambridge, England: Woodhead Publishing Ltd., 1994. – P. 4–5. – ISBN 1-85573-104-5.
2. Орленко Л. В. Хлопок // Терминологический словарь одежды. – М., Легпромбытиздат, 1996. – 218 с.
3. Баженов, В. И. Материалы для швейных изделий. 3-е изд., испр. и доп. – М., Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 312 с.
4. Мальцева, Е. П. Материаловедение швейного производства. 2-е изд., перераб. и доп. - М., Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 232 с.
5. Шульпин, Г. Эти разные полимеры // Наука и жизнь. – 1982., № 3. – 80–83 с.
6. Vakatovich, A. Thermal insulating plates produced on the basis of vegetable agricultural waste / A. Vakatoich, N. Davydenko, F. Gaspar // International Journal «Energy and Buildings» (Elsevier) – 180 (2018) – P. 72–82.
7. Романовский, С.А. Особенности влияния влажности на теплопроводность волокнистого теплоизоляционного материала из очёсов льна/ С.А. Романовский, А.А. Бакатович // Сборник материалов II Национальной научно-практической конференции «Образование. Транспорт. Инновации. Строительство», г. Омск, 18-19 апреля 2019 г. / «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет», 2019. – 432–439 с.