

УДК 666.973.2

**ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ОЧЕСА ВОЛОКНА ЛЬНА  
МЕТОДОМ СВЕТОВОЙ МИКРОСКОПИИ****С.А. РОМАНОВСКИЙ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.А. БАКАТОВИЧ)*

*Рассмотрены результаты исследований по изучению микроструктуры очеса волокна льна с помощью световой микроскопии. Установленные морфометрические параметры льняного очеса, а также подтверждение наличия пустотного канала в элементарном волокне обеспечивает возможность применения очесов в качестве сырья для теплоизоляционных материалов.*

Современное состояние строительного рынка отражает положительную тенденцию в направлении создания новых теплоизоляционных материалов, что обусловлено политикой энергосбережения, в условиях критичного удорожания энергетических ресурсов. Обеспечение необходимых показателей теплового сопротивления предопределяет широкое использование утеплителей. На сегодняшний день большое внимание уделяется научным исследованиям по рациональной утилизации отходов растениеводства. Растительное сырье, в качестве основных компонентов строительных материалов, используется при возведении различных объектов многие сотни лет, так как обладает ценными свойствами, такими как, доступность и распространённость, низкая плотность и низкая теплопроводность, невысокая стоимость. Перечисленные положительные характеристики обеспечивают востребованность и большие возможности для применения в строительстве [1]. Перспективным сырьем для производства теплоизоляционных материалов являются очесы волокна льна. Использование данного вида сырья для производства утеплителей позволит не только удовлетворить возрастающий спрос на теплоизоляционные материалы, но и решить проблему переработки очесов льна.

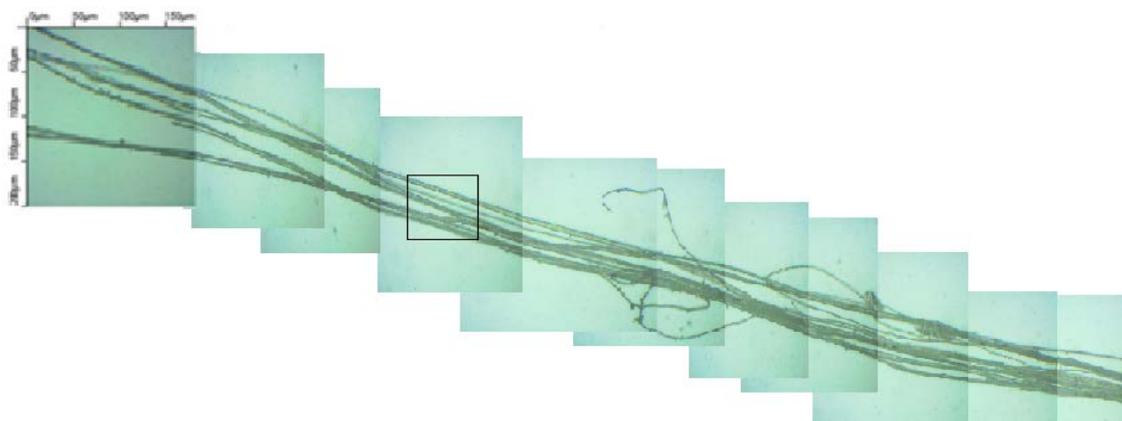
После созревания лен теребят и расстилают на поле в виде ленты для того, чтобы под воздействием естественной влаги на льне начали развиваться грибки, разрушающие пектиновые вещества, соединяющие волокно с древесиной стебля [2]. В результате из льняной соломки получается треста, с облегченным отделением волокна от стебля. Затем, полученное таким образом, льняное сырье поступает на льнозаводы для первичной переработки льна. На мяльно-трепальных агрегатах в процессе мятья и трепания волокна приобретают вид длинных прядей. Часть волокон при этом обрывается и попадает в отходы трепания. Для дальнейшей переработки льноволокно обычно поступает на льнокомбинаты, где длинное трепаное волокно подвергают чесанию. В результате чесания трепаного льна получают от 40–50% очесов волокна льна.

Пряжа, полученная из очесов, является достаточно жесткой и плотной, так как льняной очес является неоднородным по составу и содержит большое количество волокнистых пороков, что не позволяет получать из очесов конкурентоспособную пряжу низких плотностей. Несмотря на данный недостаток, очесы льна имеют достаточно широкую область применения. Из льняных очесов длиной 5–10 см изготавливают материалы для производства широкого ассортимента тканей технического и бытового назначения: обивочных, тарных, портьерных, мебельных и пр. Также очесы льна применяют для получения основы под отделочные материалы и напольные покрытия. Очесы, не подвергнутые прядению, используют для уплотнения резьбовых соединений трубопроводов [3]. Однако поиск путей максимального эффективного использования очесов для среды обитания человека на сегодняшний день остается открытым вопросом. Получение эффективных утеплителей с высокими теплотехническими показателями, обеспечивающие экологическую безопасность для человека, характеризующиеся пониженной горючестью, и не содержащих в составах органических, синтетических связующих, а также полимерных компонентов наполнителей будет являться наиболее актуальным решением поставленной задачи. На первоначальном этапе необходимо исследовать и проанализировать микроструктуру льняного очеса для установления параметров, обуславливающих физико-механические характеристики теплоизоляционных материалов.

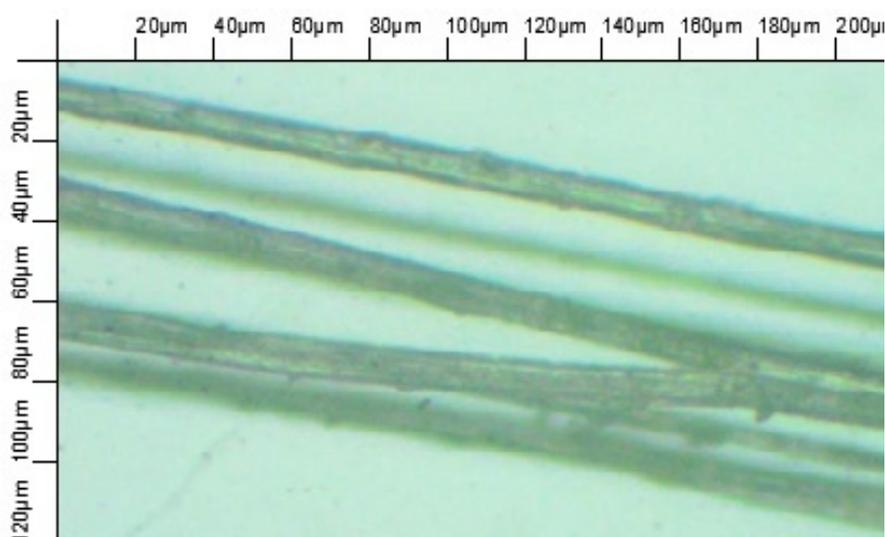
Изучение микроструктуры очеса волокна льна проводили с помощью световой микроскопии. Исследование микроструктуры на оптическом микроскопе «Альтами МЕТ 5С» позволяет получить изображения структуры поверхности исследуемых объектов. Данный микроскоп имеет специальный осветитель, установленный со стороны объектива, и построен по схеме отраженного света. Система призм и зеркал направляет свет на объект, далее свет отражается от непрозрачного объекта и направляется обратно в объектив. Образец помещали на предметный столик и фиксировали с помощью покровного стекла толщиной 3 мм. Полученное изображение выводилось на экран монитора и записывалось на жесткий диск компьютера. Использование компьютерной программы «Altami Stadio» позволяет совмещать полу-

ченные последовательные фотоснимки фрагментов образцов для увеличения участка изображения исследуемого материала.

С помощью световой микроскопии получены изображения внешнего вида очеса льна путем совмещения фотоснимков последовательно расположенных участков исследуемого образца. Например, на рисунке 1 *а* представлено изображение льняного очеса длиной 6 см. На изображении очеса волокна льна рамкой выделен фрагмент, увеличенный на рисунке 1 *б*.



а



б

Рисунок 1. – Световая микроскопия очеса волокна льна:  
*а* – внешний вид очеса; *б* – элементарные волокна в очесе

Полученные изображения указывают на то, что очес волокна льна состоит из растрепанных пучков элементарных волокон (см. рис. 1 *б*). В очесе элементарные волокна периодически связываются друг с другом за счет хаотически расположенных контактных соединений. В результате формируется сетчатый волокнистый каркас, обеспечивающий прочное продольное соединение всей структуры очеса льна. Сетчатая пространственная волокнистая структура образуется благодаря боковым ответвлениям в виде элементарных волокон, связывающих очесы между собой. Элементарное волокно представляет собой растительную клетку веретенообразной формы. На микроснимке (см. рис. 1 *б*) в элементарных волокнах отчетливо просматриваются узкие внутренние каналы диаметром 4–6 мкм. Длина элементарных волокон варьируется от 10 до 40 мм при диаметре 8–12 мкм.

В структуре элементарного волокна различают несколько концентрически расположенных слоев, отличающихся различным светопреломлением [4]. Первая область оболочки является довольно тонкой и состоящей в основном из пектиновых веществ, склеивающих клетки между собой. Состоящая из целлю-

лозы первичная стенка со значительным содержанием гемицеллюлозы, пектинов и часто лигнина образует следующую область. Вторичная стенка состоит из целлюлозы и характеризуется различными показателями светопреломления из-за меньшего количества примесей вышеуказанных веществ. В начале развития элементарные волокна представляют собой клетки округлой формы, заполненные плазменным содержимым. По мере роста соответствующей зоны данные клетки удлиняются, оболочка их сильно утолщается с внутренней стороны и достигает такой толщины, что внутренняя полость с плазменным содержимым становится заметной лишь в виде очень узкого канала. Таким образом, результаты световой микроскопии по изучению строения волокна полностью подтверждают наличие пустотного канала в элементарном волокне.

По результатам световой микроскопии установлено, что льняные очёсы представляют собой растрепанные пучки элементарных волокон, имеющих хаотически расположенные контактные соединения между собой. Такая структура обуславливает формирование сетчатого волокнистого каркаса очёса льна. При контакте между собой очёсы волокон льна образуют пространственную сетчатую тонковолокнистую систему, что создаёт предпосылки для получения высокоэффективного теплоизоляционного материала.

Низкая теплопроводность утеплителя будет обеспечиваться за счет растрепанных пучков элементарных волокон, представляющих собой микротрубки диаметром 8–12 мкм, с пустотным каналом диаметром 4–6 мкм, что сопоставимо с размерами полнотелых волокон минеральной ваты, обеспечивающих формирование эффективной изолирующей структуры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Plant wastes in wood concrete manufacturing / S. Romanovsky [etc.] // European & national dimension in research. Architecture and civil engineering. – 2016. – С. 78–79.
2. Технология производства [Электронный ресурс] // Сайт проекта «Linen Mosclute"г». – Режим доступа: [http://linen.moscluster.com/?page\\_id=43](http://linen.moscluster.com/?page_id=43) /. – Дата доступа: 25.07.2017.
3. Очёсы льняные из длинного льноволокна [Электронный ресурс] / Сайт компании «Flagma». – Режим доступа: <https://minsk.flagma.by/ochyosy-lynyanye-dlinnogo-lnovolokna-o1858990.html> /. – Дата доступа: 25.07.2017.
4. Рогаш, А. Р. Льноводство / А.Р. Рогаш, Н.Г. Абрамов, Я.А. Лебедев. – М. : Изд-во Колос., 1967. – 139 с.