

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ПРОПУСКАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЛЬНОТРЕСТЫ

PECULIARITIES OF APPLICATION OF THE METHOD OF INFRARED SPECTROSCOPY BANDWIDTH FOR ASSESSING THE QUALITY OF FLAX

В.Г. ДРОЗДОВ, А.Е. МОЗОХИН
V.G. DROZDOV, A.E. MOZOHIN

(Костромской государственной технологической университет)
(Kostroma State Technological University)
E-mail: info@kstu.edu.ru

Взаимосвязь приведенной интенсивности инфракрасного излучения прошедшего сквозь тонкий слой льнотресты и ее технологических свойств, объясняется наличием полос поглощения химических компонентов волокна и костры льна в ближнем инфракрасном диапазоне.

The relationship is given intensity of the transmitted through a thin layer of flax infrared radiation and its technological properties, due to the presence of the absorption bands of the chemical components of fiber and the tires of flax in the near-infrared range.

Ключевые слова: спектроскопия, инфракрасное излучение, длина волны, льняная треста, метод контроля, технологические свойства.

Keywords: spectroscopy, infrared radiation, wave length, linen trust, method of control, technological properties.

Набор полос поглощения в инфракрасных спектрах является столь же специфической характеристикой вещества, как и отпечаток пальца человека. По этим спектрам вещество может быть идентифицировано, если его колебательный спектр уже известен. Взаимодействие энергии электромагнитного излучения, в частности, энергии его инфракрасного диапазона, с различными веществами и материалами – один из современных методов изучения свойств последних [1]. Взаимодействие инфракрасного излучения с поверхностью исследуемого материала представлено на рис. 1.

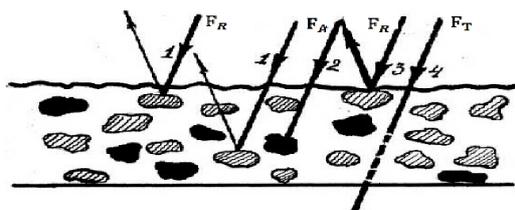


Рис. 1

В результате такого взаимодействия наблюдаются три явления – поглощение, отражение и пропускание энергии материалом. В соответствии с законом сохранения энергии сумма поглощаемой энергии F_A , отраженной F_R и прошедшей F_T через материал энергии, равна энергии падающего на материал потока излучения F_{Π} :

$$F_A + F_R + F_T = F_{\Pi},$$

или

$$A + R + T = 1,$$

где $A = \frac{F_A}{F_{\Pi}}$ – коэффициент поглощения; $R = \frac{F_R}{F_{\Pi}}$ – коэффициент отражения; $T = \frac{F_T}{F_{\Pi}}$ – коэффициент пропускания.

Работы [2] и [3] по физике целлюлозы и ее производных легли в основу исследований полимерных структур льна и их влияния на механические свойства льнотресты. Исследования [4] и [5] по контролю влаж-

ности и отделяемости льнотресты по интенсивности ИК-спектров диффузного отражения были продолжены и адаптированы для более экономически выгодного анализа свойств льносырья в лабораторных условиях по пропусканию инфракрасного излучения сквозь тонкий слой.

Соотношение между величинами поглощения, отражения и пропускания через материал энергии зависит от параметров излучения, спектрального состава, пространственных характеристик и т.д. и от свойств облучаемого материала. При постоянных параметрах излучения результаты его взаимодействия с материалом зависят только от свойств последнего, что позволяет оценить эти свойства. На вид инфракрасного спектра оказывают воздействие не только технологические свойства материала, но и различные внешние факторы, влияющие на достоверность измерения свойств. Льнотреста, поступающая на завод и обрабатываемая на мяльно-трепальном агрегате, имеет значительную неоднородность таких свойств, как влажность, отделяемость, прочность. Влияние данных факторов на качественный и количественный результат обработки сырца сложно переоценить. В связи с этим разработка экспресс-метода анализа комплекса технологических свойств льнотресты и на их основе оптимизация режимов обработки льносырья являются на сегодняшний день актуальными задачами.

Установлено [6], что пористые материалы пропускают инфракрасное излучение только при малой толщине слоя (3...7 мм). С увеличением толщины слоя коэффициент отражения возрастает до некоторого предела, после чего остается практически постоянным. Слой материала (толщина), при котором рост отражательной способности материала прекращается, называется оптически бесконечно толстым. При толщине менее величины бесконечно толстого слоя поток инфракрасного излучения, падающий на слой льнотресты, не только

отражается от его поверхности, но и проходит сквозь него.

Для того чтобы оценить влияние толщины слоя льнотресты на интенсивность пропускания ИК-излучения, был проведен ряд экспериментальных исследований [7]. В качестве объекта исследования использовалась льнотреста с равновесной влажностью во время проведения эксперимента 12%. Из нескольких партий льнотресты были сформированы слои материала разной толщины. Исследуемый диапазон толщины слоя льнотресты – от 1 до 7 мм. Обобщенные результаты экспериментальных исследований приведены на рис. 2 (зависимость интенсивности пропускания ИК-излучения от толщины слоя льнотресты).

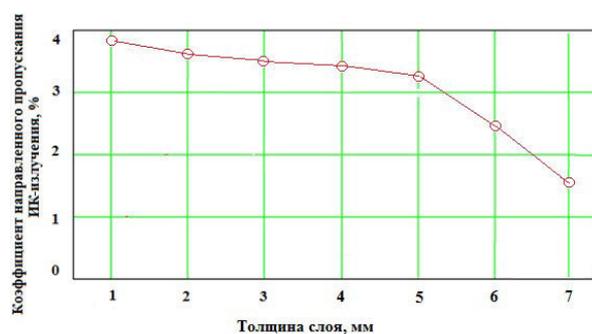


Рис. 2

Анализ полученных данных позволил заключить, что на результаты измерений свойств льнотресты по спектрам пропускания существенное влияние оказывает толщина слоя более 5 мм. В случае, когда толщина не превышает 5 мм, показатель пропускания изменяется незначительно. Для снятия достоверных измерений параметров льнотресты с помощью диспергирующего лабораторного спектрофотометра, работающего на пропускание, необходимо исключить дезориентацию стеблей в слое в месте светового пятна источника излучения спектрофотометра.

В табл. 1 (результаты статистической обработки ($P = 0,95$)) приведены доверительные интервалы для проведенных измерений.

Толщина слоя, мм	Математическое ожидание, %	Доверительный интервал, %
1	3,8	$\pm 0,03$
2	3,6	$\pm 0,03$
3	3,5	$\pm 0,03$
4	3,4	$\pm 0,02$
5	3,2	$\pm 0,02$
6	2,4	$\pm 0,01$
7	1,6	$\pm 0,01$

На спектрофотометре СФ-256БИК, работающем по принципу пропускания, проведены исследования по контролю влажности и отделяемости льнотресты одного селекционного сорта и разных степеней вылежки при толщине меньше толщины оптически бесконечно толстого слоя. Исследования проводились на диапазонах длин волн 5230...5290 см^{-1} , для полос поглощения гидроксильных групп воды, и 6750...6850 см^{-1} , для полос поглощения фенольных соединений. По результатам исследований было установлено, что коэффициент направленного пропускания ИК-излучения в области 5200 см^{-1} обратно пропорционален изменению влажности образцов льнотресты, а в области 6758 см^{-1} про-

порционален изменению отделяемости льнотресты как по длине стебля, так и между образцами разной степени вылежки.

Получены корреляционные модели по влажности ($r = 0,95$, СКО = 1,24%) и отделяемости ($r = 0,98$, СКО = 0,26 ед.) льнотресты на основе спектров пропускания ИК-излучения на фиксированных длинах волн, представленные на рис. 3 (линейная корреляция по влажности льнотресты) и рис. 4 (линейная корреляция по отделяемости льнотресты) соответственно. Разработана методика определения влажности и отделяемости льнотресты по интенсивности пропускания инфракрасного излучения.

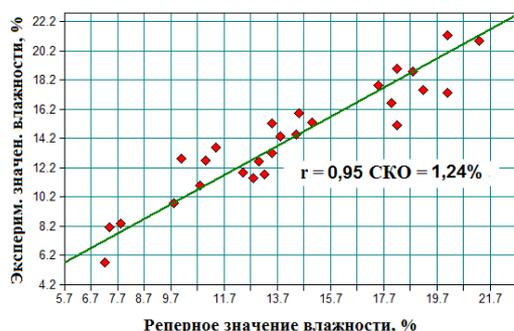


Рис. 3

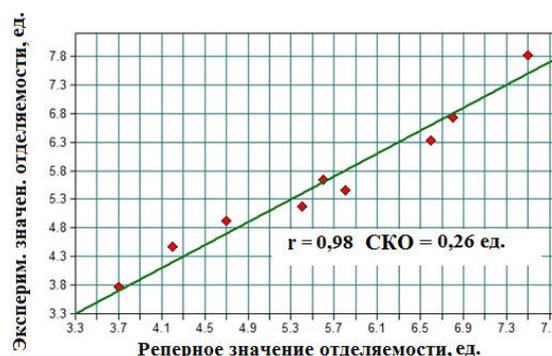


Рис. 4

Спектры отражения и пропускания инфракрасного излучения в ближней ИК-области взаимосвязаны между собой обратной зависимостью, что обусловлено поглощением ИК-излучения материалом. Исследования по контролю параметров влажности и отделяемости льнотресты методом инфракрасной спектроскопии в ближнем диапазоне длин волн подтвердили предположение об обратной зависимости интенсивностей отраженного и про-

шедшего сквозь слой ИК-излучения. Исследования также подтвердили возможность использования спектра пропускания ИК-излучения для контроля влажности и отделяемости льнотресты на специально подготовленном одностебельном слое толщиной, не превышающей 5 мм. Однако способ на пропускание ИК-излучения оказался сложным для лабораторного контроля свойств льнотресты в связи с тем, что он является очень трудоемким, требует

тщательной подготовки проб, чувствителен к структурным параметрам даже одностебельного слоя льнотресты.

Метод ИК-спектрометрии пропускания в ближней области спектра лишен тех плюсов, которыми обладает метод на отражение. Во-первых, эксперименты на пропускание ИК-излучения сквозь слой приходится повторять многократно (до 40 на одном образце), чтобы добиться стабильных спектров с необходимым доверительным интервалом. Во-вторых, высокая чувствительность к структурным параметрам слоя. При изменении плотности слоя, дезориентации стеблей в слое, просветов между стеблями в месте измерения амплитуда спектра пропускания меняется существенно, а продолжительность эксперимента для одного образца возрастает до часа. В третьих, на 80...90% в ближней области ИК-излучение отражается от образца, потому слабый поток излучения не проходит через слой.

Диспергирующие приборы отечественного производства на порядок дешевле своих зарубежных аналогов, к тому же при установке необходимых приставок они реализуют и метод диффузного отражения. Таким образом, диспергирующие спектрофотометры могут быть использованы для лабораторного контроля технологических свойств льнотресты (влажность, отделяемость, прочность) по интенсивности *отраженного* ИК-излучения, что значительно уменьшит стоимость оценки их определения. Этот вариант оценки свойств льнотресты может в перспективе стать альтернативой дорогостоящим экспериментам на лазерных ИК-Фурье-спектрофотометрах и позволит получать оперативную информацию о технологических свойствах льнотресты в лаборатории с высокой точностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия. Основы, техника, аналитическое применение / Под ред. Мальцевой А.А. – М.: Мир, 1982.

2. Иванов А.Н. Физико-химические основы приготовления льнотресты: Дис.... докт. техн. наук. – Кострома, 1989.

3. Жбанков Р.Г. Инфракрасные спектры и структура углеводов. – Минск: Наука и техника, 1972.

4. Катков А.А. Управление режимом работы мально-трепального агрегата в зависимости от влажности льнотресты: Дис. ... канд. техн. наук. – Кострома, 2008.

5. Ефремов А.С. Оптимизация процесса трепания при обработке льнотресты в зависимости от ее влажности и отделяемости: Дис.... канд. техн. наук. – Кострома, 2008.

6. Долацис Я.А. Исследование химического состава, молекулярной и надмолекулярной структуры целлюлозных материалов методом ИК-спектроскопии // Методы исследования целлюлозы. – Рига, 1981. С. 32...43.

7. Ефремов А.С., Дроздов В.Г., Мозохин А.Е. Обоснование возможности использования ИК-спектрометрии для автоматического контроля параметров льняной тресты в потоке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №6, С. 53...56.

REFERENCES

1. Smit A. Prikladnaja IK-spektroskopija. Osnovy, tehnika, analiticheskoe primenenie / Pod red. Mal'cevoj A.A. – M.: Mir, 1982.

2. Ivanov A.N. Fiziko-himicheskie osnovy prigotovlenija l'notresty: Dis.... dokt. tehn. nauk. – Kostroma, 1989.

3. Zhbankov R.G. Infrakrasnye spektry i struktura uglevodov. – Minsk: Nauka i tehnika, 1972.

4. Katkov A.A. Upravlenie rezhimom raboty mjal'no-trepal'nogo agregata v zavisimosti ot vlazhnosti l'notresty: Dis. ... kand. tehn. nauk. – Kostroma, 2008.

5. Efremov A.S. Optimizacija processa trepanija pri obrabotke l'notresty v zavisimosti ot ee vlazhnosti i otdeljaemosti: Dis.... kand. tehn. nauk. – Kostroma, 2008.

6. Dolacis Ja.A. Issledovanie himicheskogo sostava, molekularnoj i nadmolekuljarnoj struktury celljuloznyh materialov metodom IK-spektroskopii // Metody issledovanija celljulozy. – Riga, 1981. S.32...43.

7. Efremov A.S., Drozdov V.G., Mozohin A.E. Obosnovanie vozmozhnosti ispol'zovanija IK-spektrometrii dlja avtomaticheskogo kontrolja parametrov l'njanoy tresty v potoke // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №6, S. 53...56.

Рекомендована кафедрой автоматизации и микропроцессорной техники. Поступила 17.11.14.