



СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ)
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЦЕНКА ЛОКАЛЬНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ СТРУКТУРЫ ОБРАЗЦА БУМАГИ НЕРАЗРУШАЮЩИМИ МЕТОДАМИ

Лысаченкова Мария Михайловна
Кзаков Яков Владимирович
Чухчин Дмитрий Германович

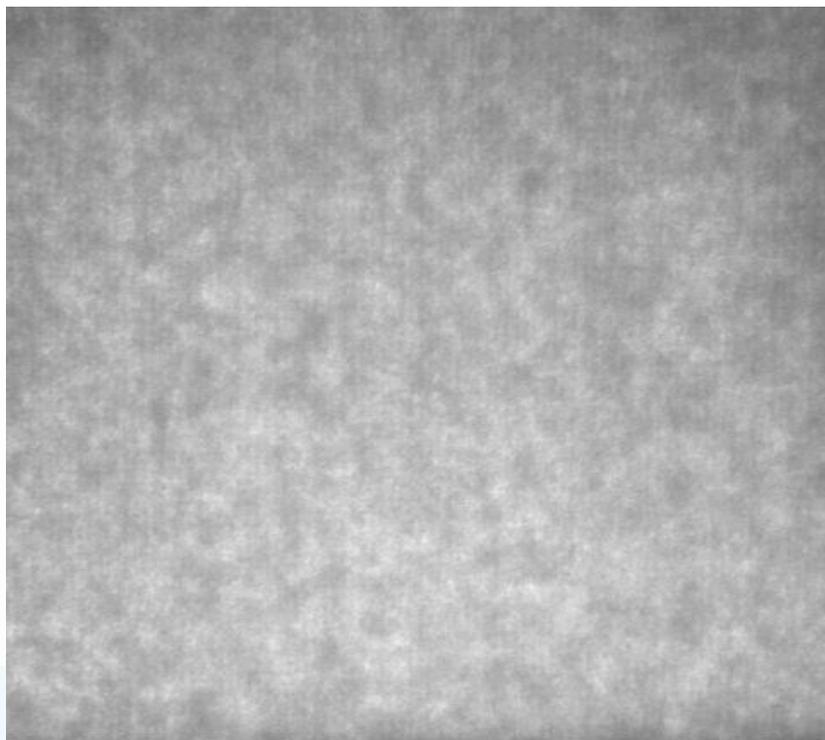


Неразрушающий контроль имеет преимущества

- скорость,
- простота подготовки проб,
- не происходит разрушение образца,
- в этом же образце можно определить и другие характеристики.

Объект исследования

Бумага ВПМ-60, массой 60 г/м², производства ОАО «Троицкая бумажная фабрика»



1 0,0215 12,0777				5 0,0544 -11,5688		8 0,0204 52,1605
25 0,0337 90,00			28 0,0176 90,00	29 0,0394 21,1377		32 0,0509 -5,7625
			36 0,0255 -7,5197	37 0,0170 66,9370		
57 0,0587 -14,6620			60 0,0440 -80,6380			64 0,0225 56,1040

Характеристика образца

Характеристика	Величина
Физические свойства	
Толщина листа δ , мкм	60
Масса 1 м ² , г	61
Плотность, г/см ³	0,983
Жесткость при растяжении ультразвуковым методом L&W TSO Tester [2]	
TSI_{MD}/TSI_{CD} , кН·м/г	12,9/5,3
$TSI_{MD/CD}$, кН·м/г	2,43
TSO_{angle} , °	0,04
Неоднородность структуры на анализаторе РТА-Line Formation Tester [3]	
Индекс формования I_{Φ}	77,3
Lx/Ly , мм	4,6/5,5
1 mm	23,07
2 mm	12,10
3 mm	21,60
6 mm	9,25
10 mm	5,68
16 mm	5,60
Неоднородность структуры по методике АНФОР [4,6]	
Неоднородность σ	19,3
Светопропускание	0,68
Контрастность	11,1
Индекс просвета	1,80
l_{md}/l_{cd} мм	5,9/10,9



Анализируемые неразрушающие характеристики

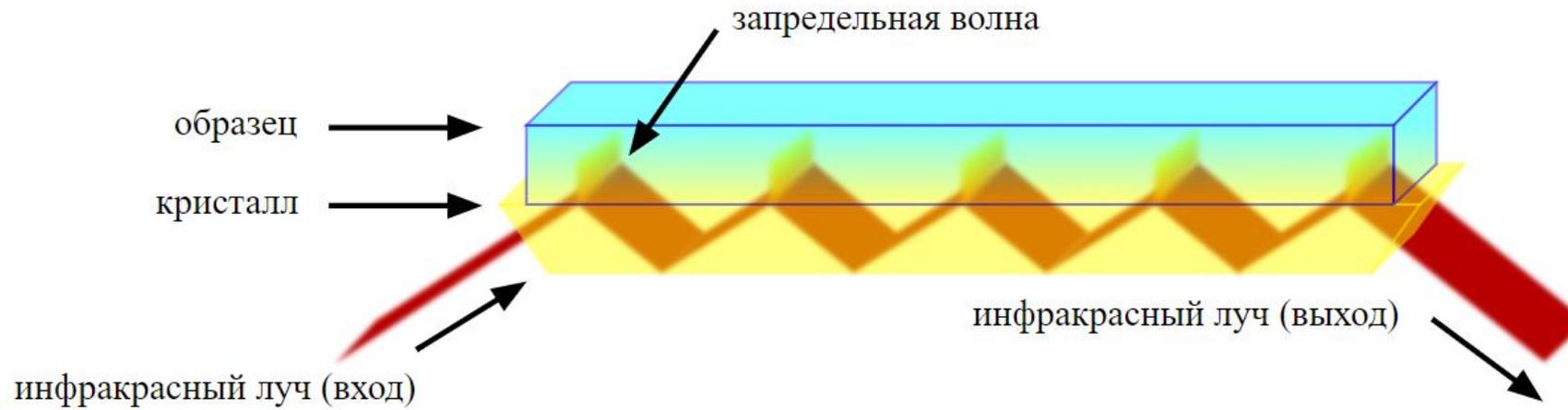
δ – толщина образца, мкм;

σ – неоднородность просвета

A – степень анизотропии, измеренная ИК-методом

ϕ – средний угол ориентации волокна, измеренный ИК-методом

ИК-спектроскопия НПВО



ИК-спектроскопия НПВО позволяет оценивать энергию связей и долевое соотношение связей различных энергий, имеющих в целлюлозосодержащем образце, и формируемых в процессе биосинтеза целлюлозы и различных технологических обработок волокна при получении технической целлюлозы и изготовления бумаги

Оценка изменения ИК-спектров целлюлозных материалов

Вращение образца на угол $0...360^\circ$
вокруг оптической оси спектрометра



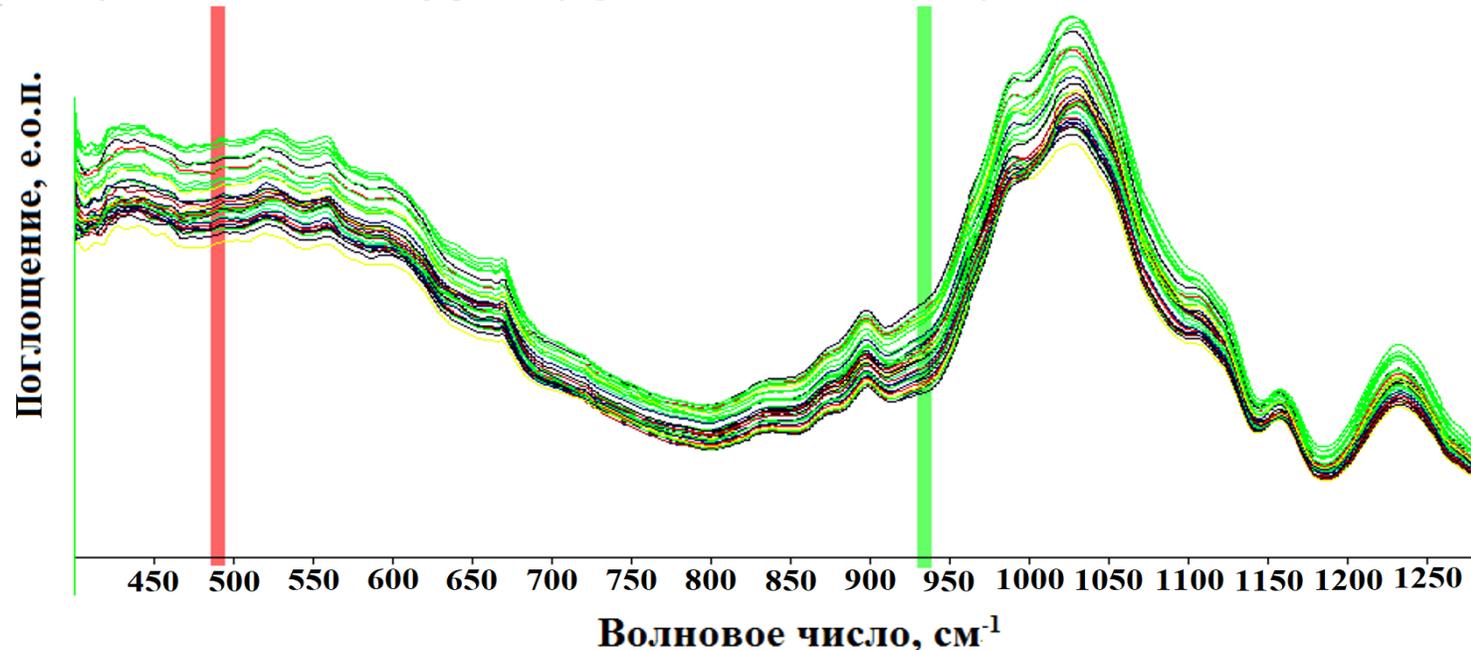
шаг снятия спектров 10°

- **Обработка спектров***:

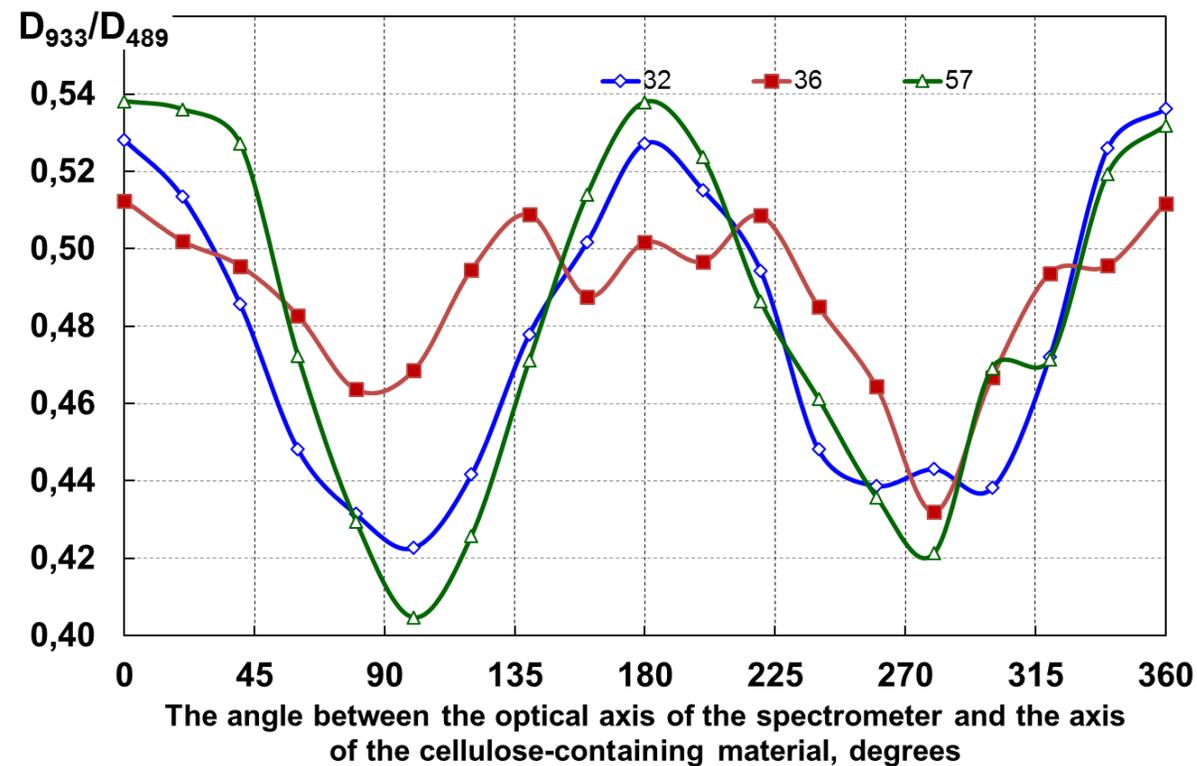
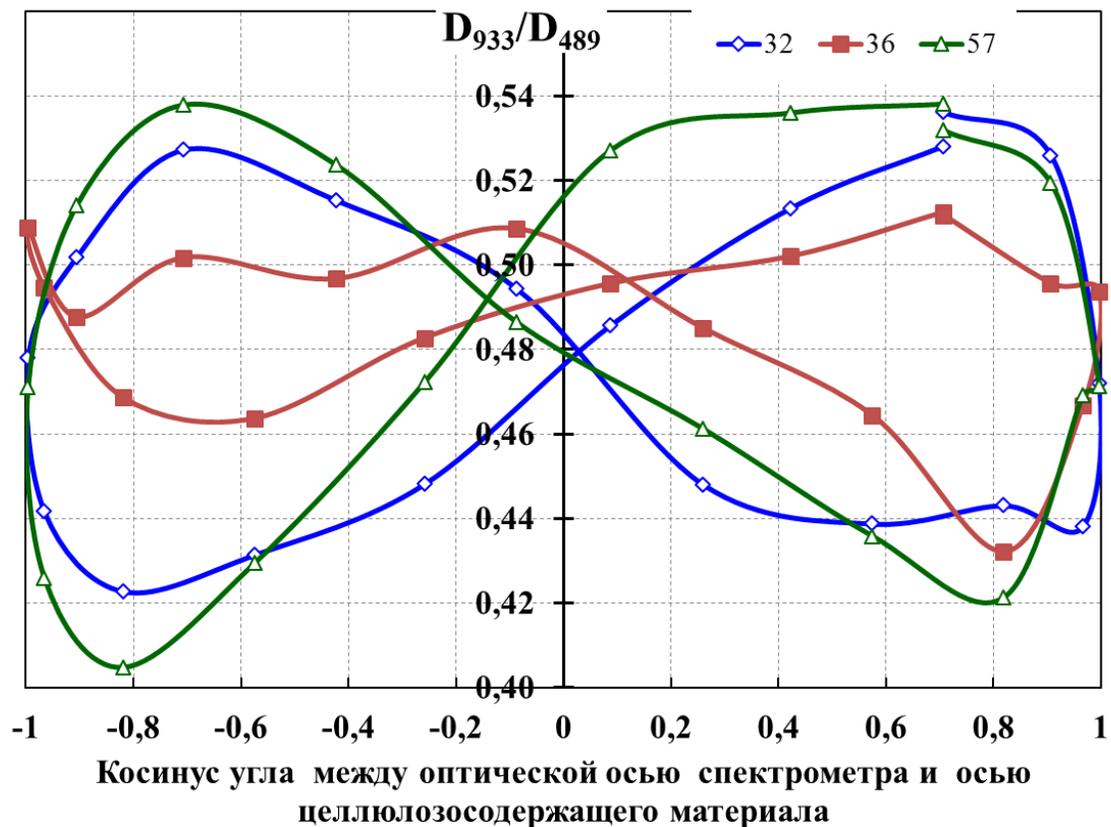
использовано соотношение оптических плотностей (D_{933}/D_{489}) при волновых числах:

933 см^{-1} – деформационные колебания С–О-связи пиранозного кольца (**зеленая полоса**) и

489 см^{-1} – внеплоскостные деформационные колебания гидроксильных групп (**красная полоса**)

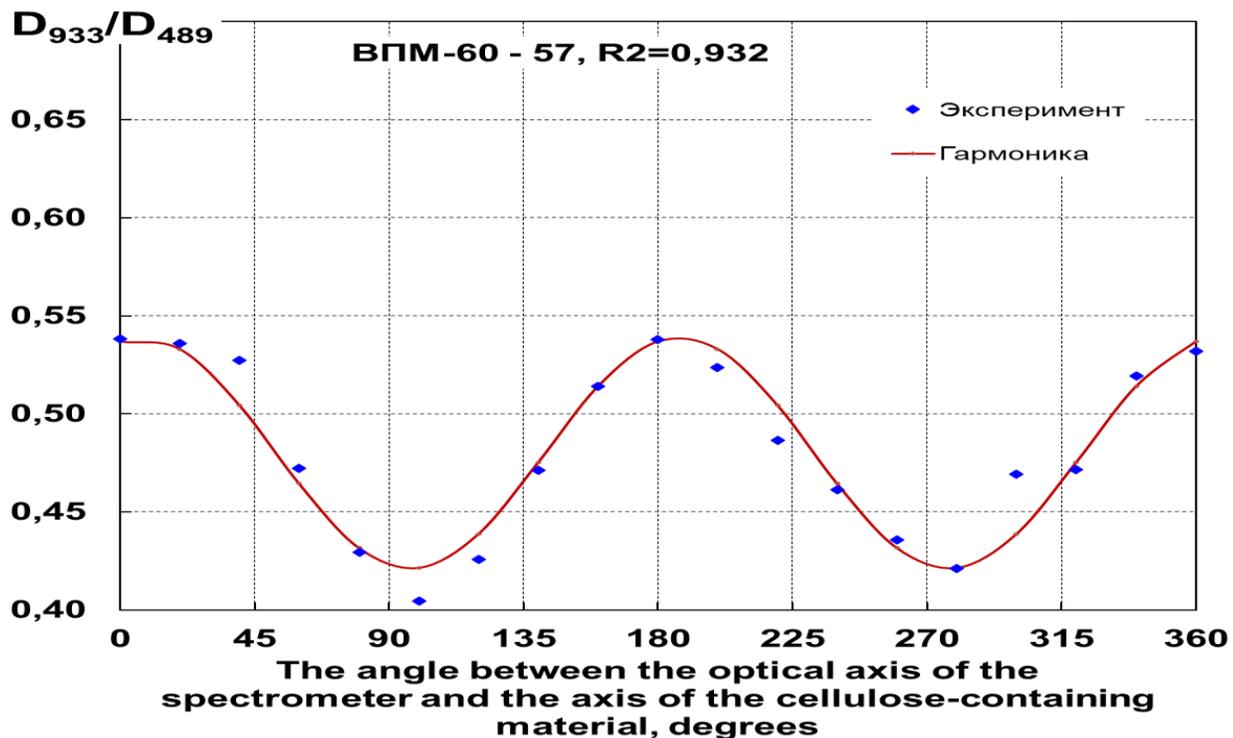


Обработка ИК-спектров целлюлозных материалов



Обнаружены изменения **периодического** характера в спектрах!

Аппроксимация полученных зависимостей гармониками



гармоники вида

$$Y = A \sin(Bx + \phi) + C$$

коэффициенты:

A – амплитуда;

B – частота, $B = 2$;

C – смещение по Y ;

ϕ – фаза

Аппроксимация полученных зависимостей была выполнена в MS Excel. Определение коэффициентов A , C , ϕ производилось по критерию минимума квадратов отклонений с использованием пакета оптимизации «Поиск решения»

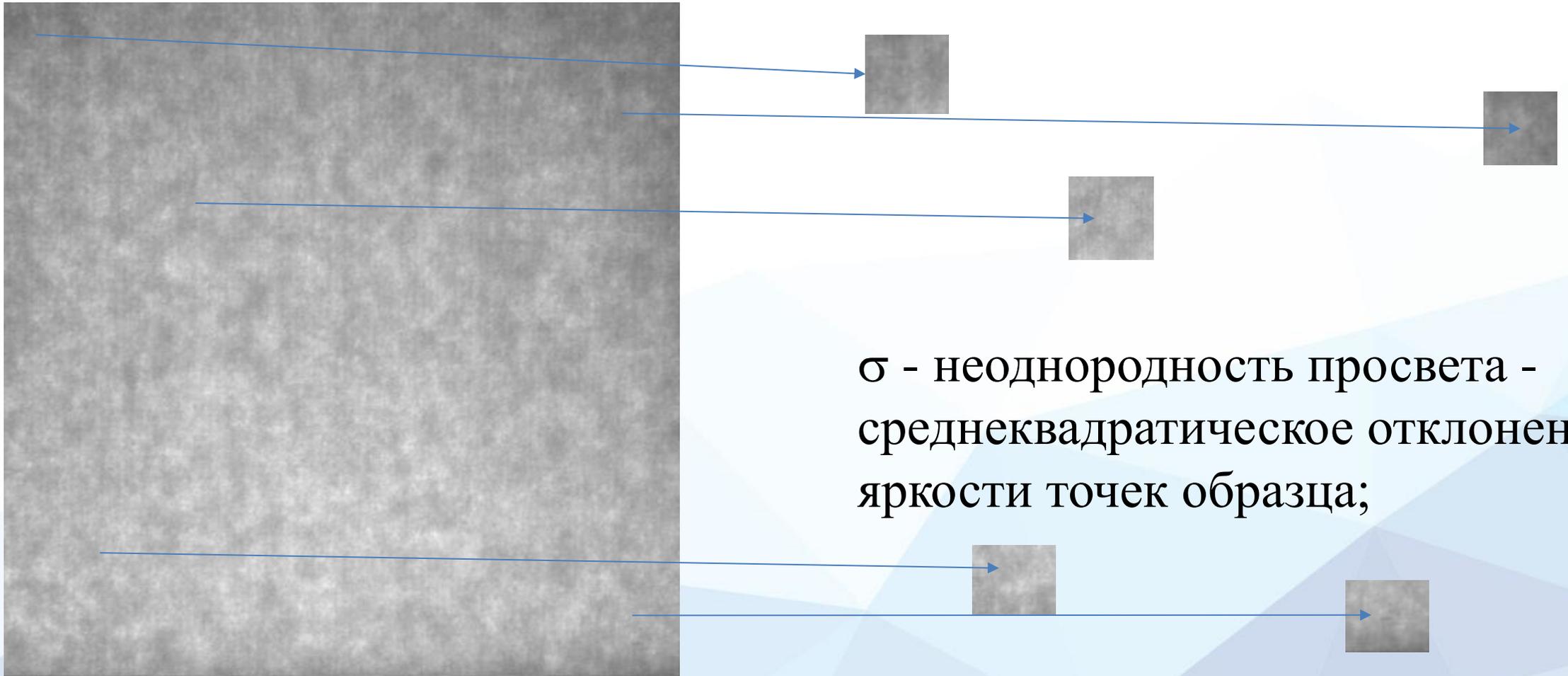


Характеристики структуры, определяемые методом ИК-спектроскопии

$$Y = A \sin(Bx + \phi) + C$$

- Величина коэффициента A (амплитуда) может быть использована для количественной оценки **степени анизотропии** образца,
- коэффициент ϕ (фаза) может быть использован для количественной оценки **угла преимущественной ориентации волокон** в образце

Измерение оптической неоднородности образцов



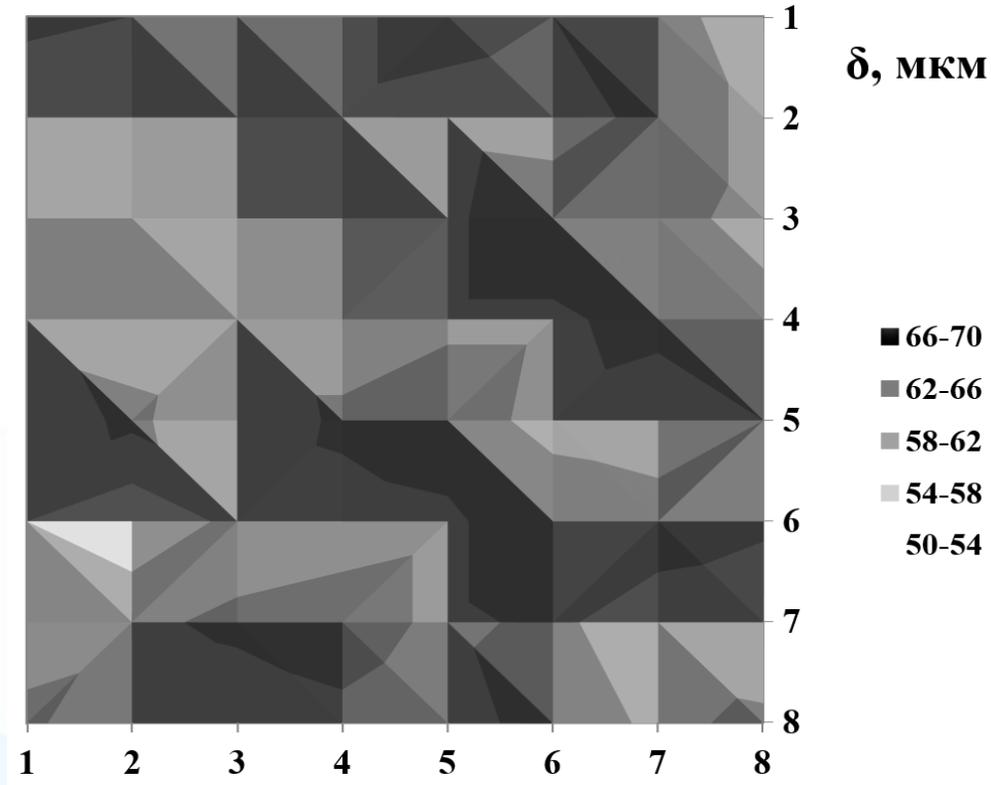
σ - неоднородность просвета -
среднеквадратическое отклонение
яркости точек образца;



Результаты измерения

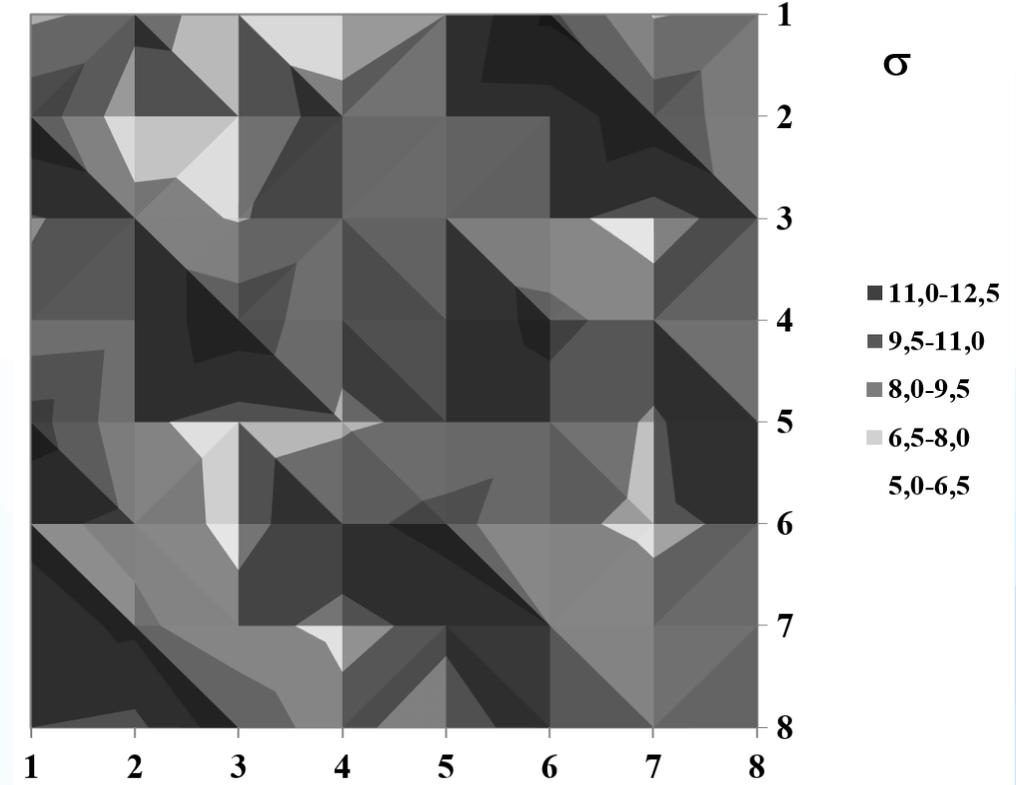
Характеристика	δ , мкм	σ	A	φ
Количество измерений n	64	64	12	12
Среднее значение \bar{X}	61,0	8,62	0,0336	0,75
Максимальное значение X_{max}	66,0	11,70	0,0587	37,84
Минимальное значение X_{min}	55,0	6,80	0,0170	-21,14
Среднеквадратическое отклонение σ_X	2,36	1,03	0,01537	20,21
Коэффициент вариации v , %	3,9	11,9	45,7	2691,5
Размах варьирования R	11,0	4,9	0,042	59,0

Вариация локальных характеристик бумаги ВПМ-60 на площади 120×120 мм



a

Толщина

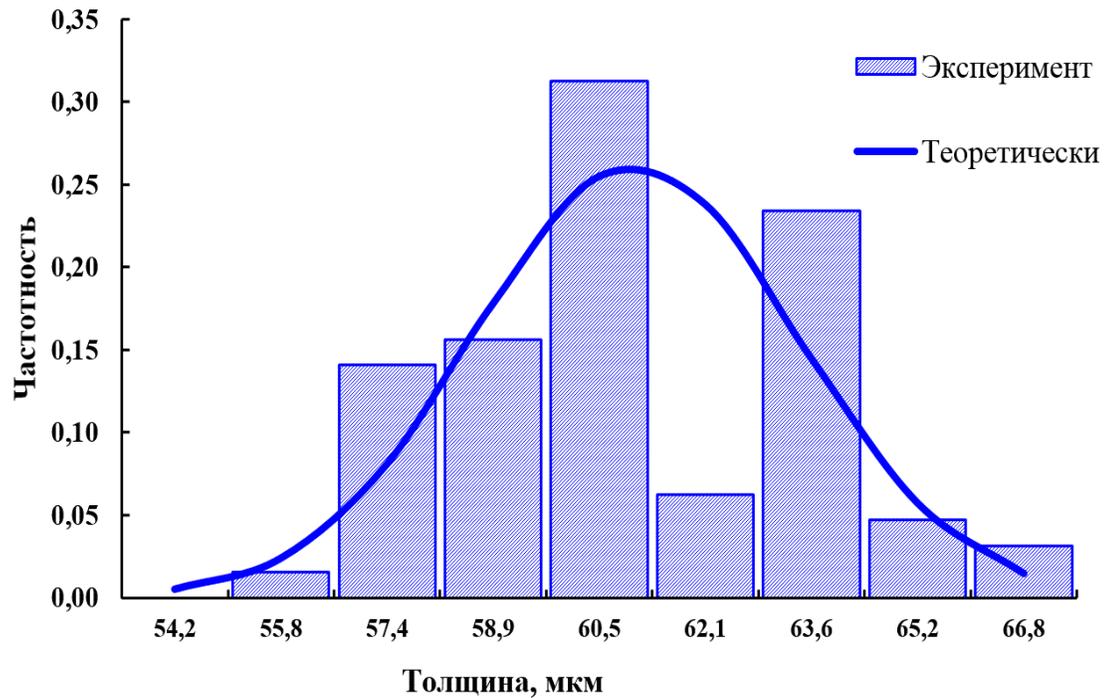


б

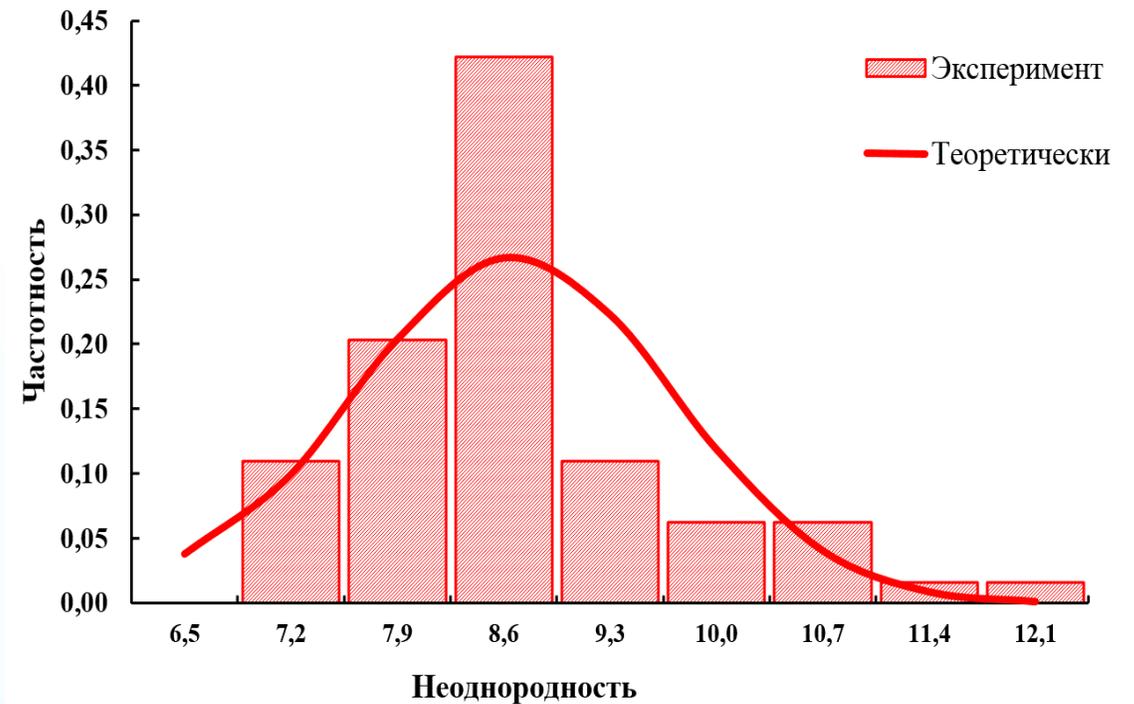
Неоднородность просвета

Гистограммы распределения локальных характеристик бумаги

Гистограмма распределения



Гистограмма распределения



ВЫВОДЫ

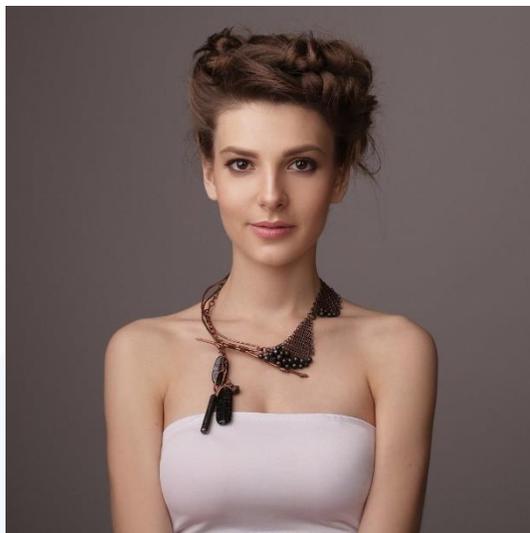
- 1) В результате проведенных исследований визуально и количественно подтверждено наличие неоднородности структуры бумаги на локальных участках.
- 2) Наличие флокул и промоин в листе бумаги не только отражается на толщине, но и вносят вклад в вариацию анизотропии ориентации волокон, и особенно, среднего угла ориентации волокон.
- 3) С уменьшением размеров анализируемых фрагментов бумаги, увеличивается вариация из свойств, и становится максимальной при использовании ИК-НПВО спектроскопии.

Спасибо за внимание!



Казakov Яков Владимирович

Профессор кафедры ЦБилХП, д.т.н.,
профессор
j.kazakov@narfu.ru



Лысаченкова Мария Михайловна

Аспирант кафедры ЦБилХП
m.lisachenkova@narfu.ru



Чухчин Дмитрий Германович

Профессор кафедры биологии, экологии и биотехнологии,
к.т.н., доцент, ст. научный сотрудник ЦКП НО «Арктика»
dimatsch@mail.ru