

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ПИЩЕВАЯ  
ТЕХНОЛОГИЯ

*№ 4, 1967*

Отдельный оттиск

664.22/.641/.68:543.42

## ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

В. П. ДУЩЕНКО, А. Ф. БУЛЯНДРА, И. М. КУЧЕРУК

Киевский государственный педагогический институт им. А. М. Горького  
Киевский технологический институт пищевой промышленности

Эффективное использование ИК-излучения требует согласования спектральных характеристик ИК-источников с оптическими характеристиками обрабатываемых материалов, т. е. необходимо, чтобы максимум спектральной интенсивности величины излучения  $i_{\lambda, \max}$  ИК-источника приходился на минимальное значение спектральных коэффициентов диффузного отражения материала [1].

Большинство пищевых продуктов — коллоидные материалы, сильно диффузно рассеивающие падающее ИК-излучение и почти непрозрачные для него, поэтому определяющей оптической характеристикой их служит спектральный коэффициент диффузного отражения [2].

Методом зеркальной полусферы [3] исследовали спектры диффузного отражения типичных коллоидных тел: нативного картофельного крахмала в воздушносухом и максимально увлажненном состояниях, пшеничной муки высшего сорта, теста и печенья сорта «Чайное».

Ранее нами установлено, что 90% энергии, регистрируемой спектрометром ИКС-12 светлых и темных промышленных ИК-источников, выпускаемых в СССР, приходится соответственно на интервалы длин волн 1,0—2,0 и 1,5—5,5 мкм и максимум спектральной интенсивности величины излучения этих источников — соответственно примерно на 1,3 и 3,0 мкм. Поэтому исследование оптических характеристик материалов проведено в этих интервалах.

На рис. 1 видно, что спектральный коэффициент отражения  $\rho_{\lambda}$  воздушносухого крахмала при относительной влажности  $\varphi=0,7$  (кри-

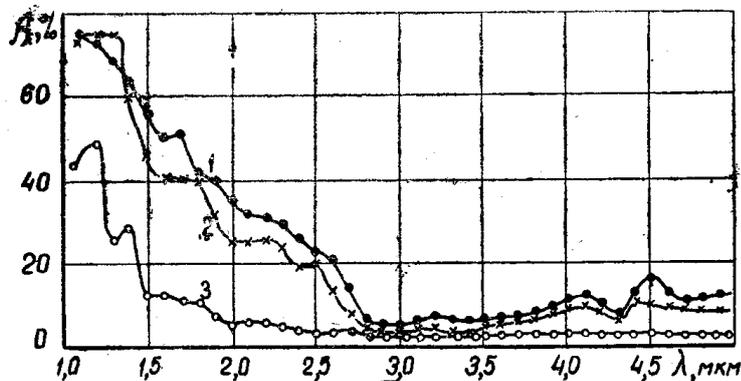


Рис. 1.

вая 2) значительно больше такового для крахмала полной влагоемкости  $W=80\%$  (кривая 3) в области ИК-спектра до 2,5 мкм и мало отличается для длин волн  $\lambda \geq 2,5$  мкм. Минимальное значение  $\rho_\lambda$  в области  $\lambda \approx 3,0$  мкм следует увязывать с основной валентной полосой колебаний группы ОН у 2,92 мкм [4]. Коэффициенты  $\rho_\lambda$  пшеничной муки высшего сорта (кривая 1) по численным значениям близки к  $\rho_\lambda$  воздушносухого крахмала.

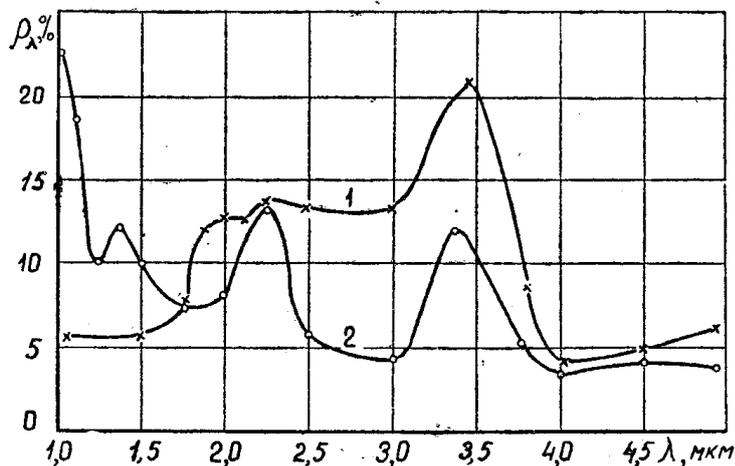


Рис. 2.

Коэффициенты  $\rho_\lambda$  (рис. 2) печенья «Чайное» (кривая 1) значительно больше таковых для теста печенья (кривая 2), что следует объяснить меньшим влагосодержанием печенья.

Таблица

$\lambda$ , мкм	Значение $k_\lambda$ , см <sup>-1</sup>			$\lambda$ , мкм	Значение $k_\lambda$ , см <sup>-1</sup>		
	крахмала		пшеничной муки высшего сорта		крахмала		пшеничной муки высшего сорта
	воздушно- сухого	$W=80\%$			воздушно- сухого	$W=80\%$	
1,0	84,5	64	73	1,8	151	188	126
1,1	93	72,5	73	1,9	155	217	146
1,2	95,5	86	42,5	2,0	130	205	146
1,3	114	111	95,5	2,1	131	188	—
1,4	97,5	127	126	2,2	164	176	—
1,5	114	132	146	2,3	168	169	—
1,6	105	111	—	2,4	—	115	—
1,7	99	150	—	2,5	—	—	—

В таблице на основании опытных данных приведены значения спектральных коэффициентов ослабления  $k_\lambda$ , полученных с помощью спектрометра ИКС-12 и рассчитанных по формуле:

$$k_\lambda = \frac{1}{l_2 - l_1} \ln \frac{i_{1\lambda}}{i_{2\lambda}}, \quad (1)$$

где  $l_1, l_2$  — толщина слоя исследуемых материалов;

$i_{1\lambda}, i_{2\lambda}$  — спектральные интенсивности величины излучения, прошедшие соответственно через эти слои.

Для аналитического описания процессов внутреннего тепло- и массопереноса в влажных пищевых продуктах под воздействием ИК-излу-

чения необходимо знать  $\bar{\rho}_{\lambda_1-\lambda_2}$  и коэффициент ослабления  $k_{\lambda_1-\lambda_2}$  для интервалов длин волн эффективного излучения ИК-источников, которые могут быть рассчитаны по формулам:

$$\bar{\rho}_{\lambda_1-\lambda_2} = \frac{1}{\lambda_2-\lambda_1} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \rho_{\lambda}(\lambda) d\lambda \quad (2), \quad k_{\lambda_1-\lambda_2} \approx \frac{1}{l_2-l_1} \ln \frac{\sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} i_1(\lambda) \Delta\lambda}{\sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} i_2(\lambda) \Delta\lambda}, \quad (3)$$

где  $\rho_{\lambda}(\lambda)$  — функциональная зависимость спектрального коэффициента отражения от длины волны  $\lambda$ ;

$i_1(\lambda)$ ,  $i_2(\lambda)$  — соответственно функциональные зависимости спектральных интенсивностей величин излучений от  $\lambda$ , прошедшие через слои толщиной  $l_1$  и  $l_2$ .

Формула (3) справедлива в предположении независимости  $\rho_{\lambda}$  от  $l$ . Строго говоря, закон Бугера неприменим для интегрального поглощения селективно поглощающих материалов. Так как для подсчета  $k_{\lambda_1-\lambda_2}$  по формуле (3) интервал длин волн  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  разбит на достаточно малые подинтервалы  $\Delta\lambda$ , то в их пределах можно считать закон Бугера справедливым. Расчетным путем по формуле (3) для  $k_{\lambda_1-\lambda_2}$  при  $\lambda=0,9 \div 2,5$  мкм для воздушносухих крахмала и муки, а также для максимально увлажненного крахмала получили соответственно следующие значения: 115, 110 и 146 см<sup>-1</sup>.

При исследовании спектральных коэффициентов пропускания  $\tau_{\lambda}$  с помощью спектрофотометра ИКС-14 обнаружено, что крахмал в воздушносухом состоянии  $l=0,1$  мм при  $\lambda=1 \div 2,5$  мкм имеет  $\tau_{\lambda}=2 \div 3\%$ , а мука и максимально увлажненный крахмал не пропускают излучений в интервале 1—5 мкм для  $l=0,1$  мм. Это говорит о сильном поглощении ИК-излучения поверхностными слоями материалов в данном интервале  $\lambda$ .

Расчет и конструирование терморadiационных установок требуют знания пространственного распределения отраженного материала излучения хотя бы в интервалах длин волн, на которые приходится основная часть лучистой энергии ИК-источников. Это исследовано с помощью приставки ИПО-12 к ИКС-12.

Из рис. 3 следует, что пространственное распределение отраженного излучения при угле падения 10° (близком к нормальному углу падения

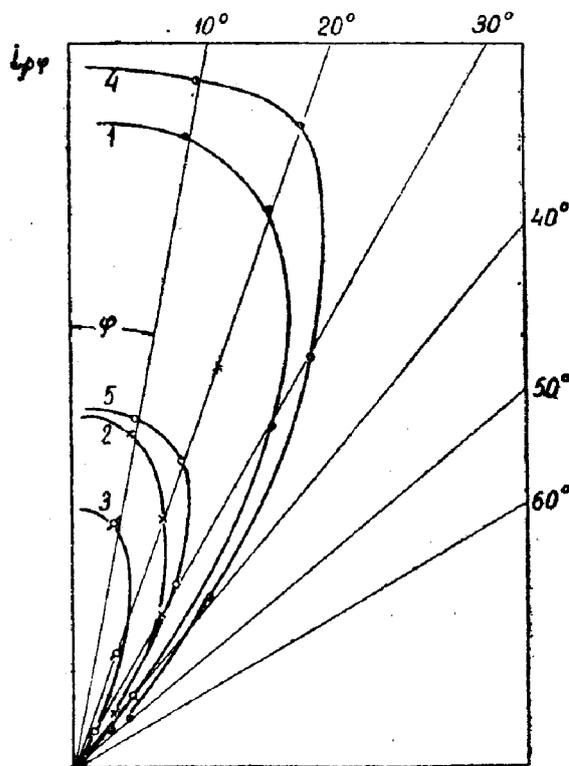


Рис. 3. Значение  $\lambda$ , мкм: крахмала воздушно-го — 1) 1,3; 2) 0,9—2,5; при  $W=80\%$  — 3) 0,9—2,5; пшеничной муки — 4) 1,3; 5) 0,9—2,5.

излучения) имеет диффузный характер. Поэтому для более эффективного использования ИК-излучения в терморadiационных установках необходимо применять ограждения с большим  $\rho_\lambda$ , например, полированные алюминий и дюралюминий.

Считаем приятным долгом выразить благодарность А. С. Гинзбургу, В. В. Красникову, Н. Г. Селюкову за предоставленную возможность определять  $\rho_\lambda$ .

#### ВЫВОДЫ

1. Судя по результатам экспериментального исследования зависимостей  $\rho_\lambda = f(\lambda)$  картофельного крахмала в воздушносухом и максимально увлажненном состояниях печенья и теста печенья сорта «Чайное» коэффициенты  $\rho_\lambda$  с увеличением влажности уменьшаются.

2. Пространственное распределение отраженной радиации от исследуемых продуктов носит характер, близкий к диффузному отражению.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гинзбург А. С. Инфракрасная техника в пищевой промышленности. Изд. «Пищевая пром-сть», М., 1966.
2. Жидкова З. В. Ж. эксперим. и теор. физ., 27, вып. 4, (10), 458, 1954.
3. Козырев Б. П., Вершинин О. Е. Оптика и спектроскопия, 4, 542, 1958.
4. Кисловский Л. Д. Оптика и спектроскопия, 7, 311, 1959.

Кафедра физики

Поступила 25 VII 1966