

## РАССЕЯНИЕ И ПЕРЕНОС ОПТИЧЕСКИХ ВОЛН В АТМОСФЕРЕ

УДК 551.510.42:551.521.3

**В.С. Козлов, М.В. Панченко, А.Г. Тумаков**

### **О ВЛИЯНИИ РЕЖИМА СЖИГАНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЫМОВЫХ АЭРОЗОЛЕЙ**

На основе измерений в контролируемых условиях исследованы особенности изменчивости коэффициента ослабления и угловых характеристик рассеяния дымов, образующихся при сжигании углеводородных топлив (древесина, торф, каменный уголь, нефть и др.), в зависимости от режима сжигания (пиролиз, горение), под воздействием изменения влажности воздуха и нагрева дымовых частиц. Установлена характерная для многих дымов зависимость проявления поглощающих свойств дымовых частиц (сажесодержания) от режима сжигания: сильным поглощением характеризуются дымы горения, дымы пиролиза относятся к группе слабопоглощающих. Показано влияние режима дымообразования на конденсационную активность дымовых аэрозолей.

Для задач оптики атмосферы процессы дымообразования представляют интерес с точки зрения изучения специфики физико-химического состава генерируемых частиц, их активности в ходе внутриатмосферных процессов, вклада дымов в формирование оптических свойств атмосферного аэрозоля [1, 2]. В настоящей статье рассматриваются результаты экспериментальных исследований особенностей изменчивости оптических характеристик дымов в зависимости от режима сжигания, под воздействием изменения влажности воздуха и нагрева дымовых частиц.

Дымы создавались в большой аэрозольной камере ИОА СО РАН вместимостью 1800 м<sup>3</sup> посредством сжигания в муфельной электропечи с контролируемой температурой природных материалов, которые являлись источниками массовых пожаров и используются в качестве топлив: древесина, каменный уголь, торф, нефть, <городская смесь> (древесина – 60%, бумага – 20%, ткань – 15 %, полимеры – 5%).

Рассмотрены два режима образования дымов: 1) пиролиз – сравнительно низкотемпературное разложение при 500°C без пламени; 2) горение – высокотемпературное сжигание (900°C) с пламенем при свободном доступе кислорода. Измерения оптических характеристик проводились с помощью лазерного измерителя прозрачности [3] и проточного нефелометра [4], снабженного устройствами температурного и влажностного воздействия на аэрозоль. Измеритель прозрачности регистрировал базовым методом коэффициент ослабления  $\epsilon$  для длины волны 0,63 мкм на трассе длиной 40 м. На нефелометре измерялись на длинах волн 0,44; 0,52 и 0,60 мкм для двух углов рассеяния 45 и 90° коэффициент направленного рассеяния  $\mu(45^\circ)$  и две ортогонально поляризованные компоненты  $\mu_1(90^\circ)$  и  $\mu_2(90^\circ)$  с возможностью изменения в аэрозольном потоке относительной влажности воздуха до 95% и нагрева частиц до 350°C.

Методика измерений содержала следующие операции. В заданном режиме сжигался материал весом 0,2–1 кг при относительной влажности и температуре в камере 10–30% и 20°C соответственно. Дым первоначально поднимался в верхнюю часть камеры и через 0,5–1 ч равномерно заполнял весь объем. Затем в однородном дыме с периодичностью 4–5 ч выполнялись измерения оптических характеристик, регистрировались влажностные (гигрограммы) и температурные (термограммы) зависимости  $\mu(45^\circ)$ . Средняя продолжительность измерительного цикла для дыма составляла одни сутки.

Результаты измерений позволили исследовать динамику изменения оптических характеристик, в качестве которых рассмотрены коэффициент ослабления  $\epsilon$  и угловые параметры  $\mu(45^\circ)$ , степень линейной поляризации  $P(90^\circ) = (\mu_1 - \mu_2) / (\mu_1 + \mu_2)$  и параметр вытянутости индикатрисы вперед  $A = \mu(45^\circ) / \mu(90^\circ)$ . Указанные оптические характеристики дымов, а также описанные далее в тексте параметры влажностной ( $\gamma$ ) и температурной ( $\eta$ ) зависимостей приведены в таблице. При этом значения степени поляризации даны для трех длин волн –  $\lambda_1 = 0,44$ ,  $\lambda_2 = 0,52$  и  $\lambda_3 = 0,60$  мкм, а другие угловые параметры рассеяния – для длины волны  $\lambda_2 = 0,52$  мкм.

Оптические характеристики дымовых аэрозолей

№ дыма	Материал	Режим сжигания	Масса, кг	Время, час	$\varepsilon \cdot 10^3, \text{ м}^{-1}$	$\mu(45^\circ)10^3, \text{ м}^{-1} \cdot \text{сг}^{-1}$	$P_1(90^\circ), \%$	$P_2(90^\circ), \%$	$P_3(90^\circ), \%$	$A$	$\gamma$	$\eta$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	Сосна	Пиролиз	0,5	1,2	88,2	2,49	-23	-20	-14	7,6	0	5,9	
				3,5	63,5	2,38	-28	-25	-19	9,2	0	4,8	
2	3	Горение	0,3	1,0	14,4	52,4	3,32	-26	-22	-20	6,0	0,07	3,8
1,5				6,37	0,60	69	70	75	6,9	0,44	2,3		
16				3,1	0,21	69	72	67	6,9	0,40	2,2		
0,4				10,9	1,97	10	16	-	7,0	0,06	3,9		
4	Смешанный		0,7	20	-	1,02	4	7	-	8,3	0	4,4	
				18	19,9	4,69	-21	-19	-18	8,8	0,03	14,3	
5	Береза	Пиролиз	0,4	25	16,7	1,93	-22	-21	-17	8,8	0,06	9,1	
0,2				1,5	5,54	1,01	-2	8	23	7,9	0,18	14,3	
6	7	Горение	0,6	20	2,93	0,76	-17	-12	-2	8,8	0,10	10,0	
0,6				8,98	0,47	77	80	81	6,2	0,45	1,7		
19				5,75	0,27	78	79	82	6,5	0,30	1,6		
2,0				1,0	19,4	0,86	85	81	81	6,9	0,33	1,5	
8	9	Смешанный	4,0	21,3	10,3	0,54	78	81	82	6,3	0,23	1,5	
5				61,5	10,3	-4	-2	13	9,6	0,05	9,1		
0,3				2,1	49,0	5,71	-24	-24	-	8,0	0,07	14,3	
22				16,7	1,54	-25	-24	-	7,7	0,13	6,7		
10	Хвоя	Пиролиз	0,3	2,6	16,2	2,11	-18	-14	-	8,1	0,11	10,0	
23,2				6,81	0,79	-20	-17	-	8,5	0,12	6,7		
11	12	<Город. смесь>	0,3	1,0	21,7	2,91	-9	-7	-7	7,1	0,29	12,5	
17				10,3	1,43	-18	-18	-17	8,3	0,46	8,3		
13	14	Горение	0,2	1,0	17,7	2,56	-9	-4	-	7,5	0,33	10,0	
19				6,4	1,34	-21	-17	-	8,2	0,55	5,9		
14	Бумага	Пиролиз	0,5	1,2	16,9	0,86	77	76	82	7,2	0,38	1,6	
5,1				17,6	0,77	77	79	81	6,3	0,50	1,6		
15	Ткань х/б	Пиролиз	0,1	4,0	14,0	1,80	-24	-23	-20	7,6	0,09	11,1	
22,4				2,06	0,71	-26	-26	-19	8,3	0,10	9,1		
16	Торф	Пиролиз	0,5	1,1	7,51	1,26	-11	-11	-5	8,2	0,14	25,0	
17,3				3,47	0,77	-19	-16	-7	9,8	0,09	12,5		
17	18	Горение	1,5	2,1	8,47	2,05	2	12	-	9,2	0,05	100,0	
19,3				4,20	1,80	-19	-15	-	11,1	0,10	25,0		
18	Камен. уголь	Пиролиз	0,2	1,3	6,19	1,03	49	59	71	6,4	0,36	7,7	
20,5				4,49	0,85	18	25	42	8,9	0,23	4,2		
19	20	Горение	1,0	3,1	8,56	1,21	-10	-9	-8	6,7	0,02	9,1	
19,2				3,40	0,74	-9	-7	-5	6,9	0	6,7		
20	21	Горение	0,3	1,1	71,2	5,46	47	54	63	6,9	0	2,1	
4,3				62,5	4,04	49	55	63	6,9	0	2,1		
21	22	Нефть	0,25	0,5	32,0	2,09	39	44	51	6,9	0	1,9	
27				35,4	1,45	69	68	73	5,9	0	1,8		
22	23	(500 °С)	0,12	64	21,0	0,53	65	65	-	6,5	0	1,8	
1,1				58,5	2,26	70	72	74	5,3	0	1,5		
23	24	Смешанный	0,15	5,4	55,9	1,89	67	71	72	6,1	0	1,5	
18,5				7,31	1,27	34	36	36	7,2	0	2,9		
24				4,4	14,9	1,35	22	24	29	6,8	0	3,5	

Рис. 1 иллюстрирует изменчивость коэффициента ослабления в ходе трансформации дыма во времени. Коэффициент ослабления для совокупности дыма варьировал от 0,001 до 0,1 м<sup>-1</sup>. Для большинства дыма при сжигании одинаковых масс материала в сравнении с режимом горения более высокая замутненность воздуха достигалась в режиме пиролиза (дымы № 5, 7 – береза; 12, 14 – <городская смесь>; 17, 18 – торф). Отмеченное показывает, что для таких дыма удельный аэрозольный выход частиц, оптически активных в ослаблении излучения, выше в режиме пиролиза, что, возможно, объясняется меньшей потерей в зоне сжигания выделившихся из материала аэрозолеобразующих газов. Однако отмеченная тенденция не наблюдается для таких материалов, как нефть – 24, 23 и каменный уголь – 19, 21. Для этих дыма более плотное задымление образуется в режиме горения, что, вероятно, следует объяснять спецификой химического состава материала (более высокая температура возгонки и кипения составляющих компонентов), вследствие чего низкотемпературный пиролиз менее эффективен для аэрозолеобразования.

Динамику изменения  $\epsilon$  во времени (см. рис. 1) в условиях термоизолированной камеры следует объяснять в основном коагуляционно-седиментационной эволюцией состава дымов. Для рассмотренных дымов в стационарной стадии при описании  $\epsilon(t)$  экспоненциальной связью с временем  $\epsilon = \epsilon_0 \exp(-kt)$ , постоянная времени распада дыма  $k$ , обратная величина которой равна времени уменьшения  $\epsilon$  в  $e$  раз, изменяется в пределах от  $10^{-2}$  до  $4 \cdot 10^{-2}$  ч $^{-1}$ .

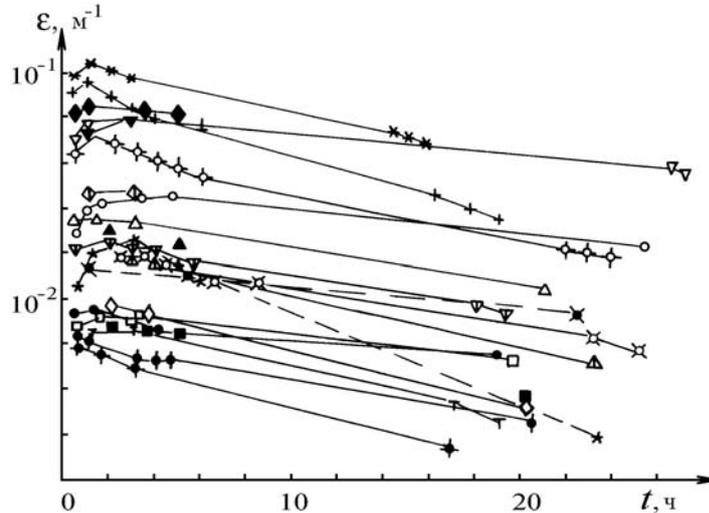


Рис. 1. Динамика изменения аэрозольного коэффициента ослабления дымов во времени. Нумерация дымов соответствует табл. 1. Обозначения – сосна – пиролиз (+ – дым №1, \* – 2), горение (⊕ – 3), смешанный режим (× – 4); береза – пиролиз (◊ – 5, ♠ – 6), горение (• – 7, ⊖ – 8), смешанный режим (⊕ – 9); хвоя сосны – пиролиз (⊕ – 10, ⊗ – 11); городская смесь – пиролиз (Δ – 12, ▲ – 13), горение (▲ – 14); бумага – пиролиз (★ – 15); ткань х/б – пиролиз (т – 16); торф – пиролиз (□ – 17), горение (■ – 18); каменный уголь – пиролиз (◊ – 19), горение (◆ – 20, ◈ – 21); нефть – горение (∇ – 22, ▼ – 23), смешанный режим (▽ – 24)

На рис. 2 для исследованных дымов представлена в двойном логарифмическом масштабе диаграмма связи коэффициента направленного рассеяния  $\mu(45^\circ)$  для  $\lambda = 0,52$  мкм с коэффициентом ослабления  $\epsilon$ , которая позволяет выполнить приближенную оценку вероятности выживания кванта  $\Lambda$ . Поскольку  $\mu(45^\circ) = \mu_n(45^\circ)\sigma$ ,  $\sigma = \Lambda\epsilon$ , где  $\mu_n$  – нормированная индикатриса рассеяния;  $\sigma$  – коэффициент рассеяния, справедливо выражение

$$\lg \mu(45^\circ) = \lg \epsilon + \lg \mu_n(45^\circ) + \lg \Lambda.$$

На такой диаграмме точки непоглощающих частиц сдвигаются вниз по оси  $\mu$  от прямой  $\mu(45^\circ) = \epsilon$  на  $\lg \mu_n$ , а наличие поглощения у частиц ( $\Lambda < 1$ ) приводит к дополнительному сдвигу на  $\lg \Lambda$ . Анализ расчетных данных [5, 6] для мелкодисперсных логнормальных распределений непоглощающих и поглощающих частиц, а также результаты экспериментальных исследований для дымов [1, 2] показывают, что значения нормированной индикатрисы под углом  $45^\circ$  в среднем варьируют в области  $\lg \mu_n(45^\circ)$  от  $-0,8$  до  $-1$ .

Из данных рис. 2 следует, что в основном дымы пиролиза и горения достаточно отчетливо разделились на диаграмме, группируясь вдоль нанесенных на рисунке по экспериментальным точкам прямых 1 и 2 соответственно.

Прямая 1 имеет сдвиг от осевой линии  $\mu(45^\circ) = \epsilon$ , соответствующий изменениям нормированной индикатрисы непоглощающих и поглощающих частиц, и, следовательно, дымы вблизи прямой 1 обладают слабым поглощением  $\Lambda \approx 1$ . В свою очередь дымы в области прямой 2 характеризуются наличием значительного поглощения  $\Lambda \approx 0,3 \div 0,4$ , пропорциональным  $\lg \Lambda$  – сдвигу относительно прямой 1. Как видно, практически все дымы режима пиролиза относятся к группе слабопоглощающих, соответственно сильнопоглощающими являются только дымы режима горения. Проявление сильного поглощения частиц в режиме горения следует связывать с большей интенсивностью образования тяжелых углеводов и сажи в веществе

дымового аэрозоля в условиях высокотемпературного горения топлива. Отметим, что дымы горения торфа (18) и каменного угля (20, 21) по диаграмме не соответствуют группе сильнопоглощающих, что, вероятно, обусловлено проявлением при дымообразовании специфики химического состава этих топлив.

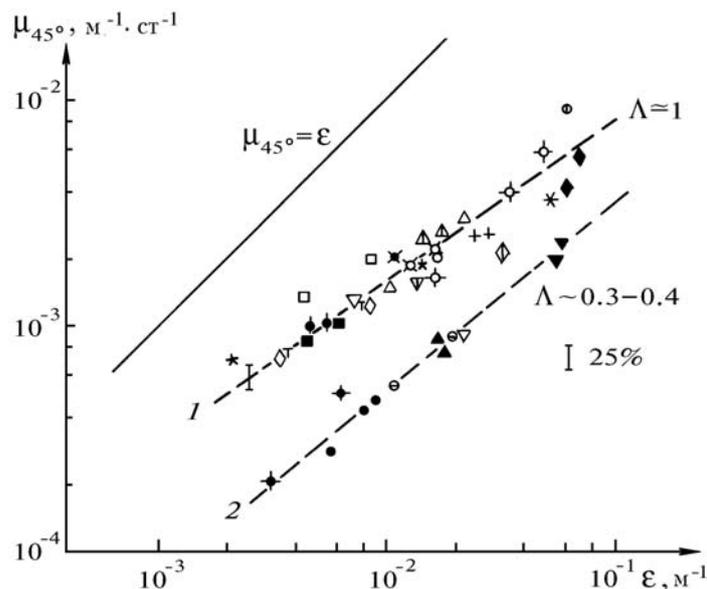


Рис. 2. Диаграмма связи коэффициента направленного рассеяния  $\mu(45^\circ)$  и коэффициента ослабления  $\epsilon$  для дымов пиролиза и горения. Обозначения дымов соответствуют рис. 1

Установленное деление дымов на группы слабо- и сильнопоглощающих в зависимости от режима сжигания согласуется с результатами классификации дымов по диаграмме взаимной связи угловых характеристик рассеяния  $P(90^\circ)$  и  $A$  (рис. 3.). В [7] была показана информативность использования подобной диаграммы для оценок микроструктуры и оптических постоянных частиц, а также для классификации дымов по их оптическим свойствам. По диаграмме дымы горения и пиролиза разделились на две обособленные группы. В первую (I) входят дымы сосны, березы, <городской смеси>, нефти (3, 7, 14, 22, 23), полученные в режиме горения. Для этих дымов характерны высокие значения степени поляризации  $P > 0,6$  при сравнительно невысокой асимметрии индикатрисы  $A$ , а также слабая спектральная зависимость  $P$  (таблица) и малая изменчивость оптических параметров при старении дыма во времени (на рис. 3 стрелки указывают изменение оптического состояния дымов за время измерений). По совокупности оптических признаков следует считать, что в дымах первой группы велико содержание мелких сильнопоглощающих (сажистых) частиц, инертных в изменчивости оптических параметров. Вторая группа – слабопоглощающие дымы (II), занимает обширную область возможных значений степени поляризации ( $-0,3 \leq P \leq 0,6$ ). В нее входят все дымы пиролиза, а также некоторые дымы горения (торф, каменный уголь) и дымы смешанных режимов дымообразования. Во второй группе отчетливо выделяется подгруппа крупнодисперсных дымов пиролиза –  $P(90^\circ) \lesssim 0$ , для которых характерен слабый спектральный ход  $P(\lambda)$ . Изменчивость крупнодисперсных дымов во времени проявляется в увеличении отрицательной поляризации, сопровождаемом ростом, либо уменьшением асимметрии рассеяния (11, 12, 13, 15, 16, 1, 2, 5, 10). Для подгруппы мелкодисперсных слабопоглощающих дымов ( $0 \leq P \leq 0,6$ ) характерны значительная спектральная зависимость  $P(\lambda)$  и большие вариации оптических параметров при старении дымов. Приведенные на рис. 3 расчетные кривые для одновершинных логнормальных распределений частиц с показателями преломления  $n = 1,5$  и поглощения  $\kappa = 0; 0,1$ , дисперсией распределения  $s^2 = 0,2; 0,5$  (на кривых укрупнение частиц соответствует уменьшению степени поляризации) показывают, что отмеченные тенденции трансформации во времени могут объясняться увеличением среднеэффективного размера дымовых частиц.

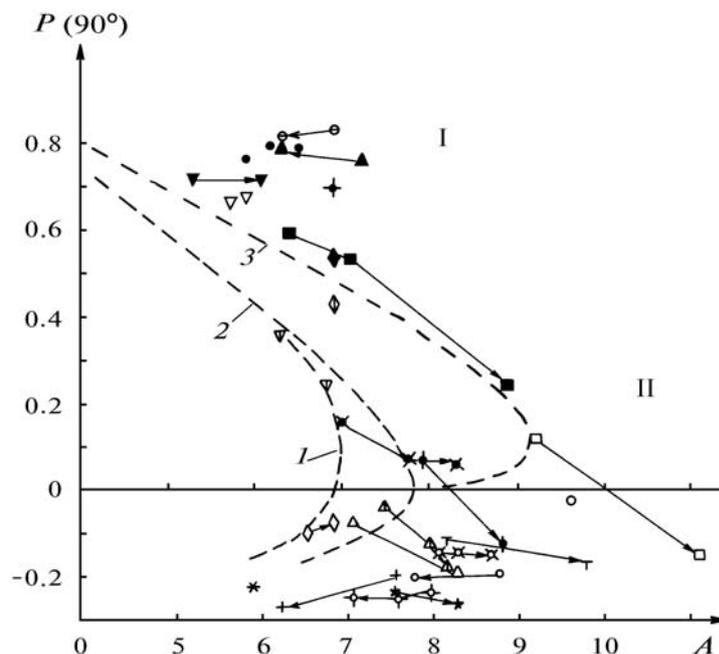


Рис. 3. Диаграмма связи степени линейной поляризации  $P(90^\circ)$  и параметра асимметрии индикатрисы рассеяния  $A$  при трансформации дымов во времени. Обозначения дымов соответствуют рис. 1. Расчетные данные:  $n = 1,50$ ;  $1 - s^2 = 0,5$ ,  $\kappa = 0$ ;  $2 - s^2 = 0,2$ ,  $\kappa = 0$ ;  $3 - s^2 = 0,2$ ,  $\kappa = 0,1$

Определяющее влияние режима дымообразования в проявлении поглощающих свойств у дымовых частиц также подтверждается результатами измерений термограмм дымов. Представленные на рис. 4, а характерные зависимости изменения  $\mu(45^\circ)$  при нагреве аэрозоля до  $350^\circ\text{C}$  показывают, что термограммы дымов горения и пиролиза имеют качественно различный вид. Дымам режима горения (3, 7, 8, 14, 22, 23) характерны термограммы типа I со сравнительно небольшим, в среднем в 2 и менее раз, уменьшением  $\mu(45^\circ)$ , описываемым количественно параметром интенсивности <выгорания> частиц при нагреве  $\eta = \mu(25^\circ\text{C})/\mu(350^\circ\text{C})$  (таблица). Между тем в дымах пиролиза наблюдается значительное (до десятикратного) уменьшение  $\mu(45^\circ)$  – термограммы типа II. Поскольку градиент уменьшения  $\mu(45^\circ)$  является показателем доли летучих соединений в веществе дымового аэрозоля, то, очевидно, что дымы пиролиза состоят из частиц с большим содержанием легких углеводородов (смолистые и другие соединения), обладающих значительной летучестью при нагревании. В свою очередь в частицах дымов горения значителен вклад тяжелых малолетучих углеводородов, инертных при нагреве аэрозоля. Отмеченный факт в соответствии с кинетической теорией сажеобразования [8] свидетельствует о более эффективном окислении газообразных продуктов сгорания в дымах режима горения и, соответственно, о большем содержании в них сажи.

Отметим специфическое поведение <нетипичных> дымов горения, не вошедших в группу сильнопоглощающих: каменного угля (20, 21), который при этом обладает слабым выгоранием, и дыма торфа (18), напротив, активного в выгорании. Эти особенности следует связывать со спецификой химического состава топлив и, соответственно, с различием стадий окисления, достигаемых ими в рассмотренных режимах сжигания.

Из измерений угловых характеристик при нагреве дымов следует отметить, что для сильнопоглощающих дымов горения типичны слабые вариации  $A$  и  $P(90^\circ)$  (рис. 4, б), т.е. эти дымы достаточно сильно <выгорели> (до большого сажесодержания) при дымообразовании. Однако в дымах пиролиза наблюдается значительная изменчивость параметров светорассеяния, соответствующая уменьшению среднего размера частиц: увеличение  $P(90^\circ)$  в область положительных поляризаций и уменьшение асимметрии рассеяния. При этом для крупнодисперсных дымов степень поляризации из области отрицательных значений <переходит> в положительную (рис. 4, б) с точкой пересечения оси, находящейся для дымов (5, 10, 11, 12, 15, 16, 19) в диапазоне температур  $T = 200 \div 250^\circ\text{C}$ .

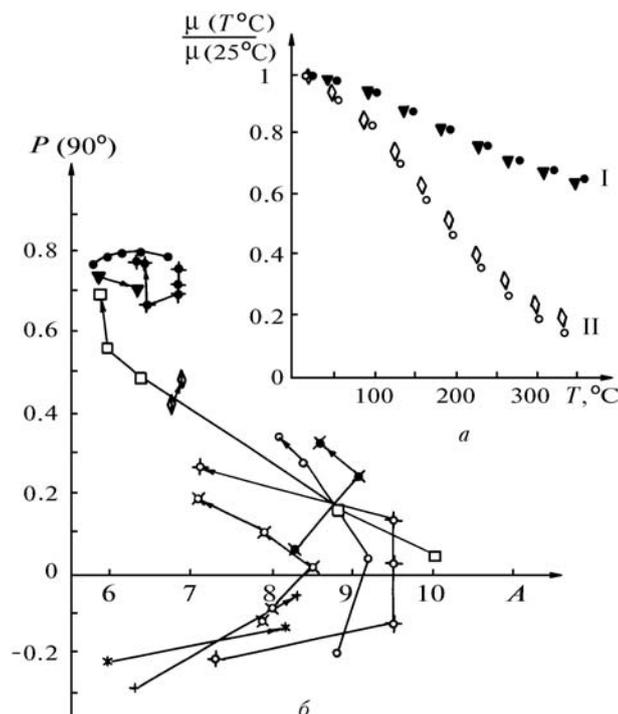


Рис. 4. Изменчивость угловых характеристик рассеяния дымов пиролиза и горения при нагревании дымовых частиц: *a* – характерные термограммы дымов; *б* – диаграмма связи степени поляризации и параметра вытянутости индикатрисы вперед. Обозначения дымов соответствуют рис. 1

Анализ данных по влажностному воздействию на дымовые аэрозоли показал, что увеличение относительной влажности до 95% обычно сопровождается изменением оптических параметров рассеяния  $P(90^\circ)$  и  $A$  (рис. 5, *a*), что свидетельствует о конденсационной изменчивости микрофизических характеристик дымовых частиц. Направления трансформации на диаграмме (указаны стрелками), заключающейся в уменьшении значений поляризации при одновременном возрастании параметра асимметрии, указывают на протекание конденсационного обводнения частиц, приводящего обычно к их укрупнению и уменьшению оптических постоянных аэрозольного вещества.

Регистрация гигрограмм роста  $\mu(45^\circ)$  позволила оценить значения параметра конденсационной активности дымов  $\gamma$  (таблица), входящего в формулу типа Кастена–Хенела:  $\mu(r) = \mu(r=0) (1-r)^{-\gamma}$ , где  $r$  – относительная влажность воздуха. На рис. 5, *б* приведена диаграмма связи конденсационного параметра  $\gamma$  с параметром интенсивности выгорания  $\eta$ . Из рассмотренной совокупности дымов следует выделить дымы нефти (22, 23, 24) и каменного угля (19, 20, 21), которые независимо от режима сжигания обладают слабым выгоранием и низкой гигроскопической активностью, занимая на диаграмме область в нижней левой части рисунка. Для дыма нефти это, вероятно, связано с негигроскопичностью частиц, что согласуется с данными о слабой изменчивости угловых оптических параметров для этого дыма (рис. 5, *a*). В свою очередь дымы <городской смеси> (12, 13, 14) характеризуются достаточно высокой конденсационной активностью  $\gamma \approx 0,35 \div 0,4$  в обоих режимах сжигания.

Для других дымов типичны следующие тенденции взаимосвязанного изменения  $\gamma$  и  $\eta$  в зависимости от режима дымообразования: дымы пиролиза (1, 2, 4, 5, 6, 10, 11, 15, 16, 17), обладая сильным выгоранием при нагреве  $\eta \approx 10$ , характеризуются невысокой ( $\gamma = 0 \div 0,1$ ) конденсационной изменчивостью коэффициента рассеяния и занимают на диаграмме отдельную область (II). Между тем дымы горения (3, 7, 8, 18), имея слабое выгорание  $\eta \lesssim 2$ , проявляют более высокую конденсационную активность  $\gamma > 0,1$  и могут достигать значений  $\gamma = 0,4 \div 0,5$ . Область (I), занимаемая дымами горения на диаграмме, надежно отличается от области (II) дымов пиролиза, что является показателем качественных различий микрофизики дымов, образовавшихся в разных условиях дымообразования.

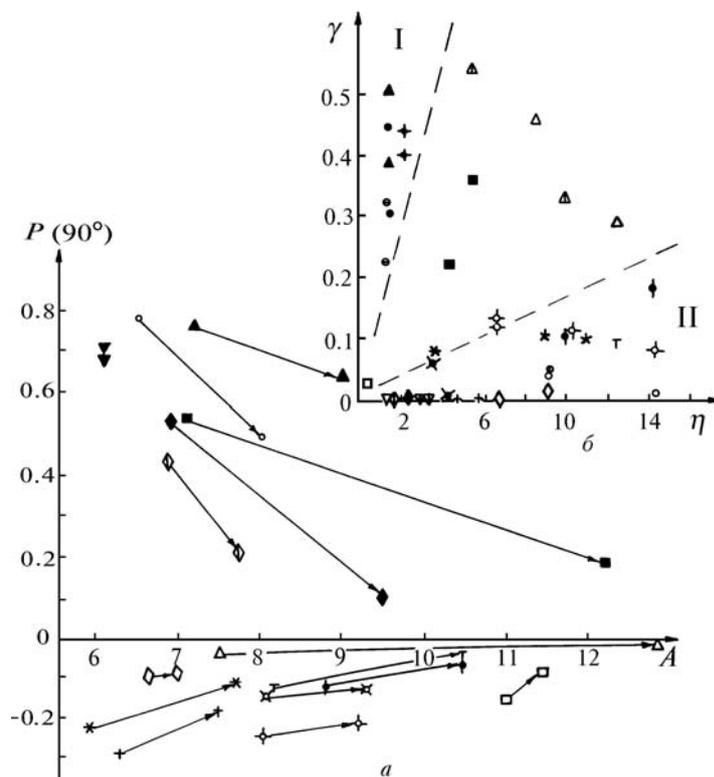


Рис. 5. Изменчивость угловых характеристик рассеяния дымов при увлажнении частиц (а) и связь параметра конденсационной активности  $\gamma$  с параметром интенсивности <выгорания> частиц при нагревании дыма  $\eta$  (б). Обозначения дымов соответствуют рис. 1

Установленные для рассмотренных дымов особенности связи параметров выгорания и конденсационной активности могут послужить основой для разработки методик оптической идентификации предыстории (природы) дымового аэрозоля. Вместе с тем отметим, что природным процессам сгорания свойственны смешанные режимы дымообразования. Очевидно, что при этом оптические свойства дымов будут определяться суперпозицией и различием вклада режимов пиролиза и горения. Так, рассмотренные дымы смешанных режимов (таблица) по своим оптическим проявлениям близки к дымам пиролиза.

Следует предположить, что возможной причиной низкой конденсационной активности дымов пиролиза является <пассивация> поверхности дымовых частиц слабо растворимыми смолистыми и иными соединениями, присутствующими в дымовых газах пиролиза и активно выгорающих в аэрозольной фазе при дожигании частиц. Сравнительно высокая конденсационная активность сильнопоглощающих (хорошо выгоревших при сжигании) дымов горения возможно объясняется действием известного микрокапиллярного механизма ассимиляции влаги дымовыми частицами, являющимися по своей природе продуктами интенсивной коагуляции микрочастиц.

Результаты выполненных исследований позволили установить особенности влияния режима сжигания углеводородных топлив на характеристики качественного состава дымовых частиц (проявление сильного поглощения, внутренняя структура), определяющего в конечном счете оптические свойства дымового аэрозоля и тенденции его трансформации в ходе конденсационных процессов.

1. Веретенников В.В., Козлов В.С. // Исследования атмосферного аэрозоля методами лазерного зондирования. Новосибирск: Наука, 1979. С. 186 – 202.
2. Лукшин В.В., Исаков А.А. // Изв. АН СССР. Сер. ФАО. 1988. Т. 24. №3. С. 250 – 261.
3. Вилочкин Г.М., Козлов В.С., Ошлаков В.Г., Полькин В.В. // VII Всесоюз. симпозиум по распространению лазерного излучения в атмосфере. Томск: ИОА СО АН СССР, 1983. С. 269 – 272.
4. Панченко М.В., Тумаков А.Г., Терпугова С.А. // Аппаратура дистанционного зондирования параметров атмосферы. Томск: ИОА СО АН СССР. 1987. С. 40 – 46.
5. Козлов В.С., Фадеев В.Я. Таблицы оптических характеристик светорассеяния мелкодисперсного аэрозоля с логнормальным распределением по размерам. Томск, 1981. 66 с. (Препринт / Институт оптики атмосферы СО АН СССР, №31).

6. Яновский Э.Г., Думанский В.О. Таблицы по рассеянию света полидисперсной системой сферических частиц. Киев: Наукова думка, 1972. 124 с.
7. Козлов В.С., Фадеев В.Я. // II Всесоюзн. совещание по атмосферной оптике. Ч. I. (Тезисы докл.). Томск: СО АН СССР, 1980. С. 38 – 41.
8. Теснер П.А. Образование углерода из углеводородов газовой фазы. М.: Химия, 1972.

Институт оптики атмосферы СО РАН,  
Томск

Поступила в редакцию  
1 июля 1993 г.

V. S. Kozlov, M. V. Panchenko, A. G. Tumakov. **Influence of Regimes of Burning Hydrocarbon Fuels on the Optical Properties of Smoke Aerosols.**

Based on measurements done under laboratory conditions we have studied the variability of the extinction coefficient and angular characteristics of light scattering by smokes from burnt hydrocarbon fuels (wood, turf, coal, oil and others), depending on the regimes of burning (pyrolysis, combustion), controlled by air humidity variations and the heating of smoke particles. Peculiar feature characteristic of many smokes has been revealed that means that the light absorption ability of smokes (soot content) depends on the regime of burning. For example, the smokes produced due to combustion are strongly absorbing, while the pyrolysis smokes are referred to the group of weakly absorbing media. It is also shown in this paper that the smoke generation regimes strongly affect the condensation activity of smoke aerosols.