

**В.Н. Пискунов**

# **ДИНАМИКА АЭРОЗОЛЕЙ**



# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .	6
<b>Глава 1. Основные сведения о дисперсных системах . . . . .</b>	<b>11</b>
1.1. Атмосферные аэрозоли . . . . .	12
1.2. Основные характеристики частиц дисперсной фазы . . . . .	15
1.3. Движение частиц в среде-носителе . . . . .	19
1.4. Броуновская диффузия аэрозолей . . . . .	23
1.5. Процессы конденсации и испарения капель . . . . .	27
1.6. Коагуляция аэрозолей . . . . .	33
1.7. Диффузия и перенос аэрозолей в атмосфере . . . . .	37
<b>Глава 2. Кинетика зарождения и роста частиц дисперсной фазы . . . . .</b>	<b>44</b>
2.1. Формулировка кинетического уравнения для процесса конденсации . . . . .	45
2.2. Скорости зародышеобразования и конденсационного роста . . . . .	48
2.3. Поведение термодинамических величин с учетом процесса конденсации . . . . .	52
2.4. Решения кинетического уравнения конденсации. Анализ упрощенной модели . . . . .	56
2.5. Оценки для начальной стадии процессов нуклеации и конденсации в облаке . . . . .	62
2.6. Асимптотическая стадия процесса конденсации . . . . .	66
2.7. О численном моделировании асимптотической стадии процесса конденсации . . . . .	70
<b>Глава 3. Кинетика процессов коагуляции . . . . .</b>	<b>73</b>
3.1. Формулировка кинетического уравнения коагуляции . . . . .	74
3.2. Коэффициенты коагуляции . . . . .	78
3.3. Способы аналитического решения уравнения Смолуховского . . . . .	80
3.4. Автомодельные асимптотические решения . . . . .	84
3.5. Критические явления в процессе коагуляции . . . . .	89
3.6. Коагуляция в присутствии внешних источников частиц . . . . .	94
3.7. Совместное действие процессов коагуляции и дробления . . . . .	98
3.8. Модели коагуляции с выпадением частиц в осадок . . . . .	102
3.9. Коагуляция частиц в разреженной среде . . . . .	106
<b>Глава 4. Моделирование процессов формирования частиц на основе интегрального подхода . . . . .</b>	<b>110</b>
4.1. Формулировка подхода . . . . .	111

4.2. Проверка асимптотического поведения интегральных величин для наиболее важных ядер коагуляции . . . . .	114
4.3. Сравнение с сеточными методами . . . . .	118
4.4. Сравнение с другими интегральными методами . . . . .	129
4.5. Применение интегрального подхода для совместного моделирования кинетики коагуляции и конденсации . . . . .	131
4.6. Заключительные замечания к главе . . . . .	137
<b>Глава 5. Формирование частиц в многокомпонентных системах . . . . .</b>	<b>139</b>
5.1. Коагуляция композитных частиц . . . . .	140
5.2. Уравнения кинетики формирования частиц с учетом фазовых переходов . . . . .	144
5.3. Аналитические решения кинетических уравнений . . . . .	147
5.4. Применение GA-метода для многокомпонентных систем . . . . .	153
<b>Глава 6. Численные модели аэрозольной кинетики . . . . .</b>	<b>157</b>
6.1. Скорости коагуляции атмосферных аэрозолей . . . . .	158
6.2. Скорости конденсации многокомпонентных частиц . . . . .	161
6.3. Моделирование кинетики формирования аэрозолей с помощью программы AERFORM . . . . .	165
6.4. Модель кинетики фазовых переходов в облачных системах . . . . .	171
<b>Глава 7. Моделирование процессов формирования осадков в облаках . . . . .</b>	<b>185</b>
7.1. Выбор облачных экспериментов для моделирования . . . . .	186
7.2. Сыктывкарский эксперимент, результаты моделирования . . . . .	189
7.3. Эксперимент Монтана, результаты расчетов . . . . .	196
<b>Глава 8. Параметризация процессов осаждения аэрозолей . . . . .</b>	<b>205</b>
8.1. Обзор данных . . . . .	205
8.2. Аналитические формулы для скоростей осаждения на гладкие поверхности . . . . .	207
8.3. Полуэмпирическая модель Земела для осаждения на шероховатые поверхности . . . . .	216
8.4. Сводка результатов . . . . .	225
<b>Глава 9. Динамика формирования источников выброса . . . . .</b>	<b>228</b>
9.1. Модель формирования струйного выброса . . . . .	229
9.2. Модель подъема облака взрыва . . . . .	232
9.3. Общая картина аварийного взрыва . . . . .	235
9.4. Результаты численного моделирования некоторых аварийных процессов . . . . .	239
9.5. Численное моделирование динамики формирования аэрозольных частиц при больших пожарах . . . . .	246

Глава 10. <b>Атмосферный перенос примесей</b> . . . . .	255
10.1. Моделирование процессов переноса и осаждения аэрозольных частиц методом Монте-Карло . . . . .	256
10.2. Характеристики программы ПРОГНОЗ . . . . .	260
10.3. Сочетание экспериментального и теоретического подходов в проблеме прогнозирования . . . . .	265
10.4. Диффузионные эксперименты ВНИИЭФ . . . . .	268
10.5. Некоторые результаты моделирования . . . . .	272
Список литературы . . . . .	280