

Формула (2.10) пригодна и в том случае, если зародыш не имеет сферической формы.

Из формулы (2.8) следует, что критический радиус зародыша существенно зависит от переохлаждения ($T_0 - T$). Чем больше переохлаждение, тем меньше критический радиус, тем легче образоваться устойчивому зародышу. В свободной атмосфере активных ядер кристаллизации мало, поэтому замерзание капель начинается при достаточно большом переохлаждении.

3 Особенности самопроизвольного (спонтанного) образования ледяных зародышей в переохлажденной воде

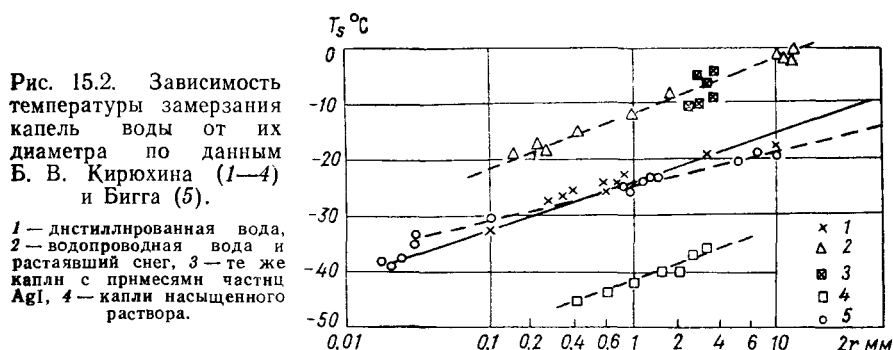
Экспериментальные исследования показывают, что мелкие переохлажденные капли ($r < 5$ мкм) могут не замерзнуть при охлаждении до -40°C . Квилонг и Фурье д'Альб, подвергая расширенную атмосферный воздух в небольших конденсационных камерах, установили, что при температурах выше -40°C появляется лишь несколько кристаллов среди большого числа капель воды. При понижении температуры ниже -41°C происходит быстрое увеличение числа кристаллов. Опыты в камере Вильсона по изучению замерзания очень мелких капель показали, что все капли замерзли после того, как в течение 0,6 с они пребыли при температуре около -41°C .

Процесс самопроизвольного образования ледяных зародышей в переохлажденной воде называют *спонтанной* кристаллизацией. Последняя представляет собой статистическое явление. Вероятность образования ядра пропорциональна произведению объема капли и времени, в течение которого она находится при фиксированной температуре. С понижением температуры вероятность льдообразования возрастает, сначала медленно, а затем все быстрее. При температурах от -39 до -41°C скорость образования ледяных зародышей резко увеличивается. Различия в температурах, которые определяют начало резкого ее возрастания, зависят от условий проведения экспериментов (числа и размера капель; времени, в течение которого они охлаждаются).

В реальных условиях атмосферы, а также при постановке лабораторных опытов исследование процесса замерзания капель осложняется тем, что приходится иметь дело с очень широким спектром капель (от нескольких микрометров до 5 мм), различными скоростями охлаждения, наличием инородных частиц и др. Совершенно естественно, что результаты экспериментов, проведенных в неодинаковых условиях, существенно различаются между собой.

На рис. 15.2 приведена зависимость температуры замерзания T_s каплей от их размера (диаметра). Согласно приведенным данным значения T_s тем ниже, чем меньше размер капли (при одних и тех же условиях проведения опыта). Однако температуры замерзания каплей одного и того же размера, определенные разными исследователями при различных условиях, изменяются в достаточно широких пределах.

Бигг установил следующую зависимость между объемом капли V_K , ее переохлаждением $T_0 - T$ и временем t , в течение которого



она находится при этом переохлаждении, с одной стороны, и вероятностью P замерзания капли — с другой:

$$\ln(1 - P) = AVt [1 - \exp a (T_0 - T)],$$

где $A = (0,4 \div 9,7) 10^{-4} \text{ см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$; $a = (0,52 \div 0,74) ^\circ\text{C}^{-1}$.

Бигг также установил, что при увеличении скорости охлаждения средняя температура замерзания несколько возрастает; так, при изменении скорости охлаждения от 0,05 до 0,5 $^\circ\text{C}/\text{мин}$ значение T_s увеличивается на 2°C .

Опыты В. Я. Никандрова по слиянию переохлажденных, насаженных на стерженьки каплей радиусом 200 мкм и более показали, что при температуре -15°C и выше слияние каплей не приводит к их замерзанию, при температурах -20°C и ниже слияние каплей сопровождается замерзанием образовавшейся капли. При сближении кристалла льда с незамерзшей каплей наблюдалось образование на льдинке отростков в направлении капли. Как только отросток касался поверхности капли, происходило (при не очень низких температурах) перетекание капли на льдинку и образование ледяной частицы. Если температура низкая, то капля почти мгновенно замерзала при соприкосновении с ледяным отростком.