

размеры. Поэтому Государственным стандартом 7025-54 предусмотрена различная длительность выдерживания в морозильной камере при испытании на морозостойкость в зависимости от размеров образцов. Так, продолжительность замораживания для образцов, имеющих форму кубика с ребром 50 мм или цилиндра диаметром и высотой 50 мм, а также для пустотелых материалов со стенками толщиной менее 50 мм и для облицовочных плиток весом не более 1 кг — должна быть не менее 4 час.; для полнотелого кирпича — не менее 5 час.; для образцов с размерами ребер 70,7 мм — не менее 6 час.; для образцов с размерами ребер 100 мм — не менее 8 час.

Температура замерзания воды в порах зависит от их размеров: чем мельче поры, тем ниже температура замерзания находящейся в них воды. Так как в стеновых материалах наряду с крупными порами диаметром в сотни и даже тысячи микронов имеются поры, измеряемые тысячными долями микрона, то при замораживании материалов не вся находящаяся в порах вода превращается в лед. По данным Н. А. Цытовича, часть воды, находящейся в тонких капиллярах, не замерзает даже при  $-190^{\circ}$  [14].

Если ориентироваться на температуры, принятые при испытаниях на морозостойкость, то можно считать, что в лед не превращается та вода, для замерзания которой требуется температура более низкая, чем  $-15^{\circ}$ .

В наших опытах по замораживанию образцов строительной керамики при температуре  $-15^{\circ}$  вода, перешедшая в лед, составляла от 50 до 70% от ее общего количества, содержавшегося в образцах, и лишь в редких случаях превышала этот предел.

Р. Е. Брилинг [2] указывает, что льдистость (количество воды, перешедшей в лед) в шлакобетоне была равна всего 35—50% и только у пенобетона она доходила до 90%, а у пеностекла — до 95%.

Пауэрс и Броунярд [15] нашли, что в цементном камне даже при  $-30^{\circ}$  замерзает не более 65% от всей имеющейся в нем воды.

По мере охлаждения образцов сперва замерзает вода в крупных порах, затем в более и более мелких. О постепенном замерзании воды в порах материала можно судить по количеству льда, образующегося при замораживании образцов при различных температурах. Такие определения мы производили на образцах керамики, пользуясь методом температурного скачка (см. главу II). Постепенное замерзание воды в порах бетона изучалось Н. А. Мощанским [14] по изменению электропроводности замерзающего бетона.

Степень переохлаждения воды в зависимости от диаметра капилляра Т. Боровик-Романова [16] показала на стеклянных капиллярных трубках.

Снижение температуры замерзания воды объясняется наличием твердой поверхности, переводящей свободную воду в связанное состояние [17], благодаря чему она имеет иные физические и химические свойства, чем свободная вода, в частности — повышенную вязкость и плотность. Связанная вода может находиться не только в очень узких капиллярах, но также в тонкой пленкой капилляры большого размера. Эта вода также замерзает только при очень низких температурах, а при температуре  $-15^{\circ}$  остается в жидком состоянии. Поскольку наиболее тонкая пленка капилляров создается в мелких порах, можно без особой погрешности считать, что основное количество незамерзшей воды заключено именно в мелких порах материала. Все причины, которые ограничивают свободу движения молекул воды, ведут, как известно, к понижению давления ее пара и, тем самым, к снижению температуры замерзания [18]. К. Терстади [19], изучая поведение воды при просачивании ее через поры глинистого грунта, нашел, что вязкость воды возрастает особенно резко в капиллярах диаметром менее 0,0001 мм.

П. П. Будников и Г. С. Блох [20] объясняют снижение температуры замерзания воды возникновением в капиллярах при льдообразовании давления, значительно превышающего атмосферное.

При каждой отрицательной температуре в замкнутом объеме существует определенное соотношение между твердой и жидкой фазами, между льдом и водой, о чем свидетельствует диаграмма состояния воды в координатах «температура — давление» [21].

Большинство пор, имеющихся в стеновых материалах, открытые: сообщаются между собой и с окружающей средой.

Благодаря этому, а также кристаллизационному давлению льда часть воды, которую называют избыточной, вытесняется в смежные, свободные от воды или частично ею заполненные поры. Это в основном так называемые резервные поры, в которых ввиду сравнительно больших размеров пор и действующих в них малых капиллярных сил вода не удерживается.

Избыточная вода может также вытесняться в мелкие поры, которые при водонасыщении материала не успели еще заполниться. Следует отметить, что в крупные поры избыточная вода вытесняется сравнительно легко, а в мелкие она проникает значительно труднее.

Вследствие ухода части воды давление в порах понижается, что вызывает переход в лед нового количества воды. Тем самым в капиллярах поддерживается повышенное давление.

Поры и образуемые ими поровые каналы никогда не имеют правильной геометрической формы. Их сечение по длине переменное. При дальнейшем понижении температуры вода начинает замерзать в менее широких местах капилляров — перешейках и в них возникают ледяные пробки, затрудняющие выдавливание избыточной воды из участков с большим диаметром. В резуль-