

Морозостойкость бетона

Теория морозного разрушения

Методы оценки морозостойкости

Способы повышения морозостойкости

коррозия

В 1947 году В.М. Москвин систематизировал коррозионные процессы и разработал методы оценки степени агрессивности среды для бетона, предложена классификация, выделяющая три основных вида коррозии. На основе этого выявлены общие закономерности развития коррозионных процессов, определены методики их исследования и способы повышения стойкости бетона.

Скорость протекания коррозионных процессов зависит от вида и агрессивности воздействующей среды, плотности бетона и вида продукта коррозии. В методике определения степени агрессивности среды в европейской и российской практике существуют некоторые различия. Наиболее обобщенной является.....

Актуальной задачей является создание совершенных норм оценки агрессивности различных сред.

Разрушение железобетонных конструкций вследствие низкой морозостойкости бетона

Изучение морозостойкости бетонов началось в 19 веке. В 1885 году Штукенбергер высказал предположение о причине быстрого разрушения дорожного бетона вследствие перехода поровой воды в лед с увеличением объема, что вызывает возникновение внутренних напряжений в бетоне.

Методика испытаний каменных материалов на морозостойкость, заключающаяся в многократном замораживании водонасыщенного материала с оттаиванием в воде, разработана в 1886 г. проф. Н. А. Белелюбским и не претерпела принципиальных изменений до настоящего времени.

В 1904 г. Проф. Н.А. Житкевич выдвинул гипотезу разрушения бетона при замораживании под влиянием гидростатического давления, возникающего при переходе воды в лед. В настоящее время эта теория считается, что данная теория наиболее полно описывает процесс морозной деструкции.

пористость

Полный объем пор бетона Π_{Π} , определяют с погрешностью до 0,1%,

$$\Pi_{\Pi} = \left(\frac{\rho_{\text{б}} - \rho_0}{\rho_{\text{б}}} \right) \cdot 100$$

Объем открытых капиллярных пор бетона – Π_0 , в процентах

$$\Pi_0 = W_0$$

Объем условно-закрытых пор бетона

$$\Pi_3 = \Pi_{\Pi} - \Pi_0$$

Показатель микропористости бетона

$$\Pi_{\text{МК}} = \frac{W_c}{\Pi_0 + \Pi_{\text{МЗ}}}$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОРИСТОСТИ БЕТОНОВ ПО КИНЕТИКЕ ИХ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ

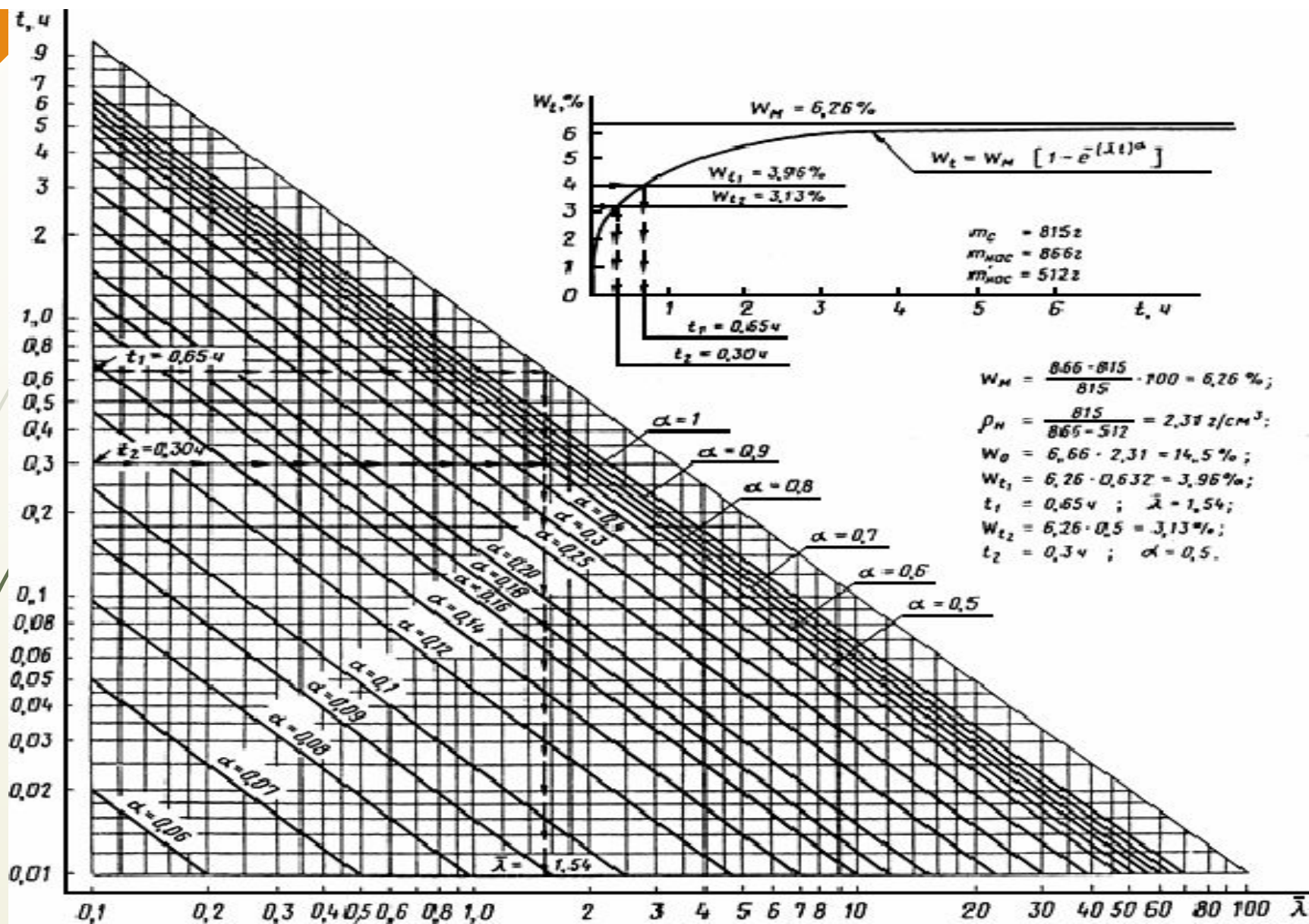
Кинетика водопоглощения бетона характеризуется приращением его массы во времени

Кривые водопоглощения выражаются уравнением

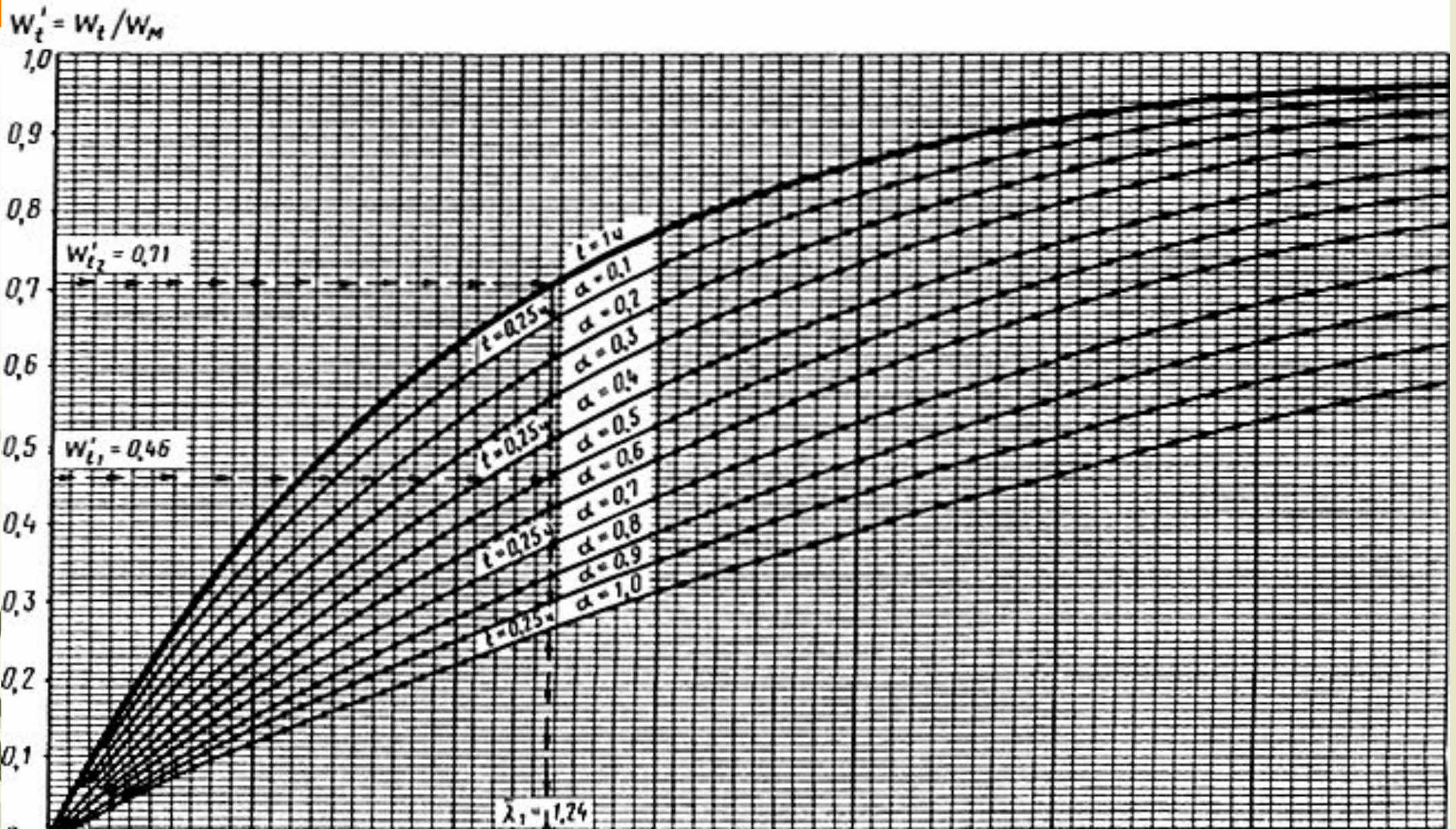
$$\square \quad W_t = W_M [1 - e^{-(\lambda t)^\alpha}]$$

W_t - водопоглощение образца за время t , % по массе; W_M - водопоглощение по ГОСТ 12730.3, % по массе; e - основание натурального логарифма = 2.718; λ - показатель среднего размера открытых капиллярных пор, равный пределу отношений ускорения процесса водопоглощения к его скорости, определяемый по номограммам, приведенным на черт.1-4; α - показатель однородности размеров открытых капиллярных пор, определяемый по номограммам, приведенным на черт. 1 и 2; t - время водопоглощения, час

Черт.1. Номограмма и пример расчета параметров пористости по кинетике насыщения материала жидкостью (непрерывный метод)



Номограмма и пример расчета параметров пористости по кинетике насыщения материала жидкостью (дискретный метод)





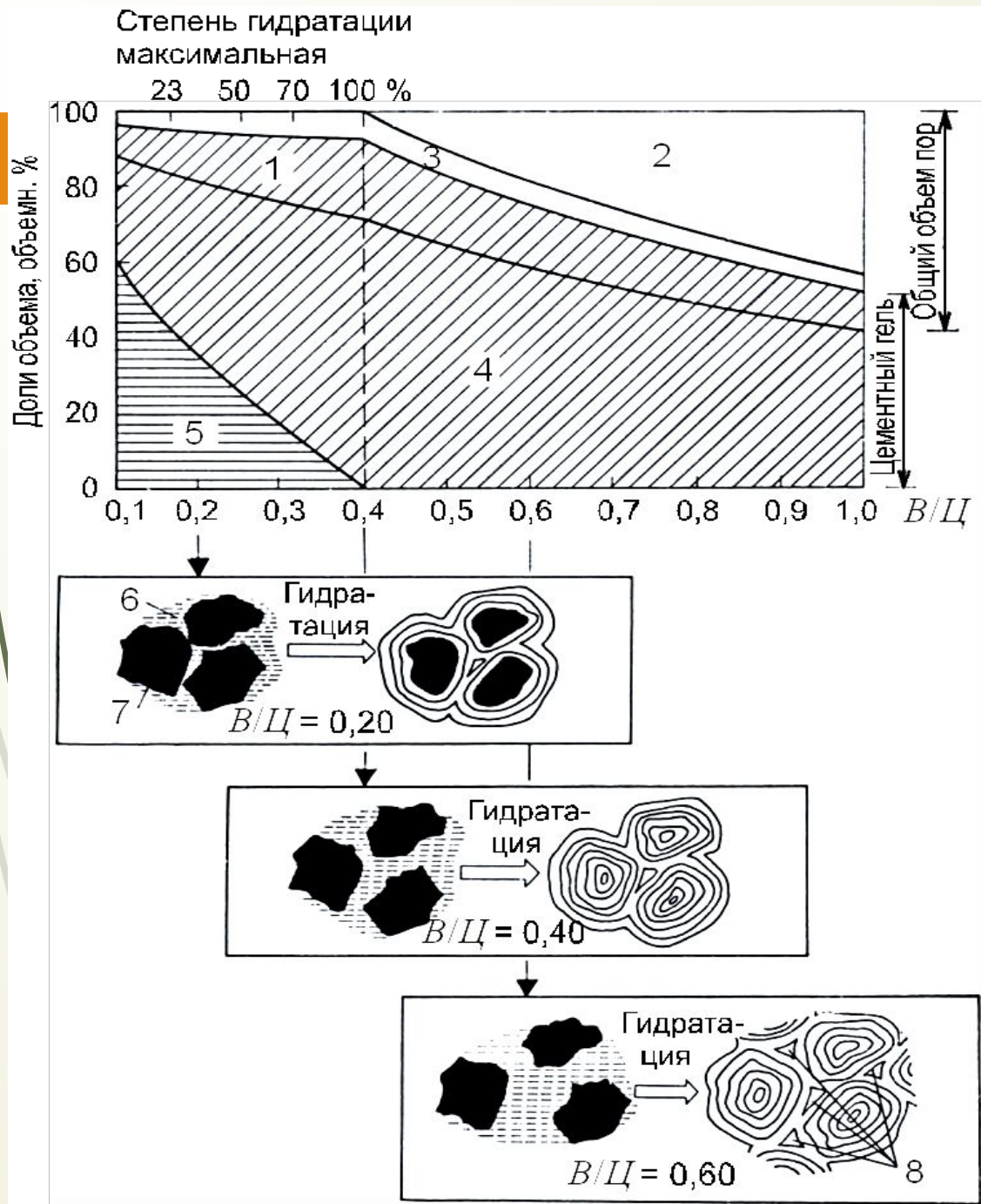


Рис. 4.1. Роль водоцементного отношения в формировании структуры порового пространства:

- 1 – объем гелевых пор;
- 2 – объем капиллярных пор;
- 3 – объем усадочных пор;
- 4 – масса геля;
- 5 – непрореагировавший цемент;
- 6 – вода;
- 7 – цементное зерно;
- 8 – капиллярные поры (вода)

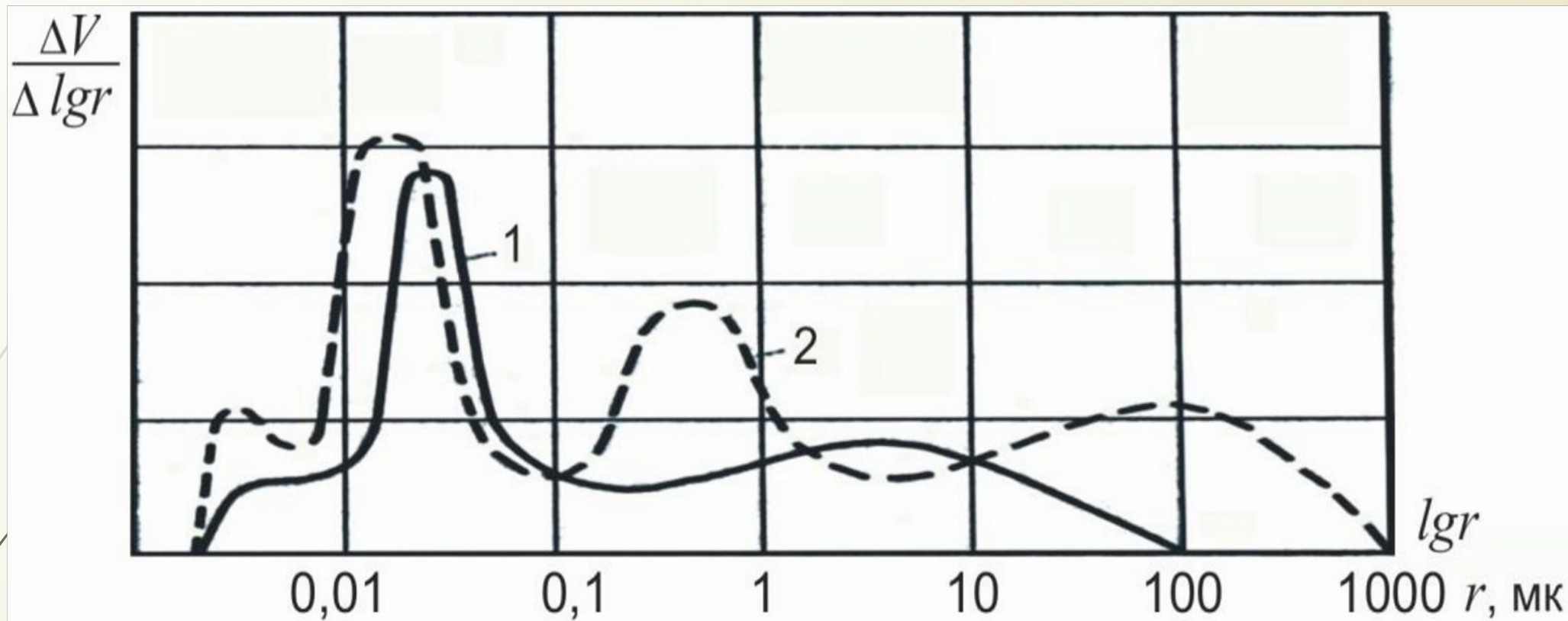


Рис. 4.4. Схематический вид дифференциальных кривых распределения пор по радиусам: 1 – малое $V/Ц$; 2 – большое $V/Ц$

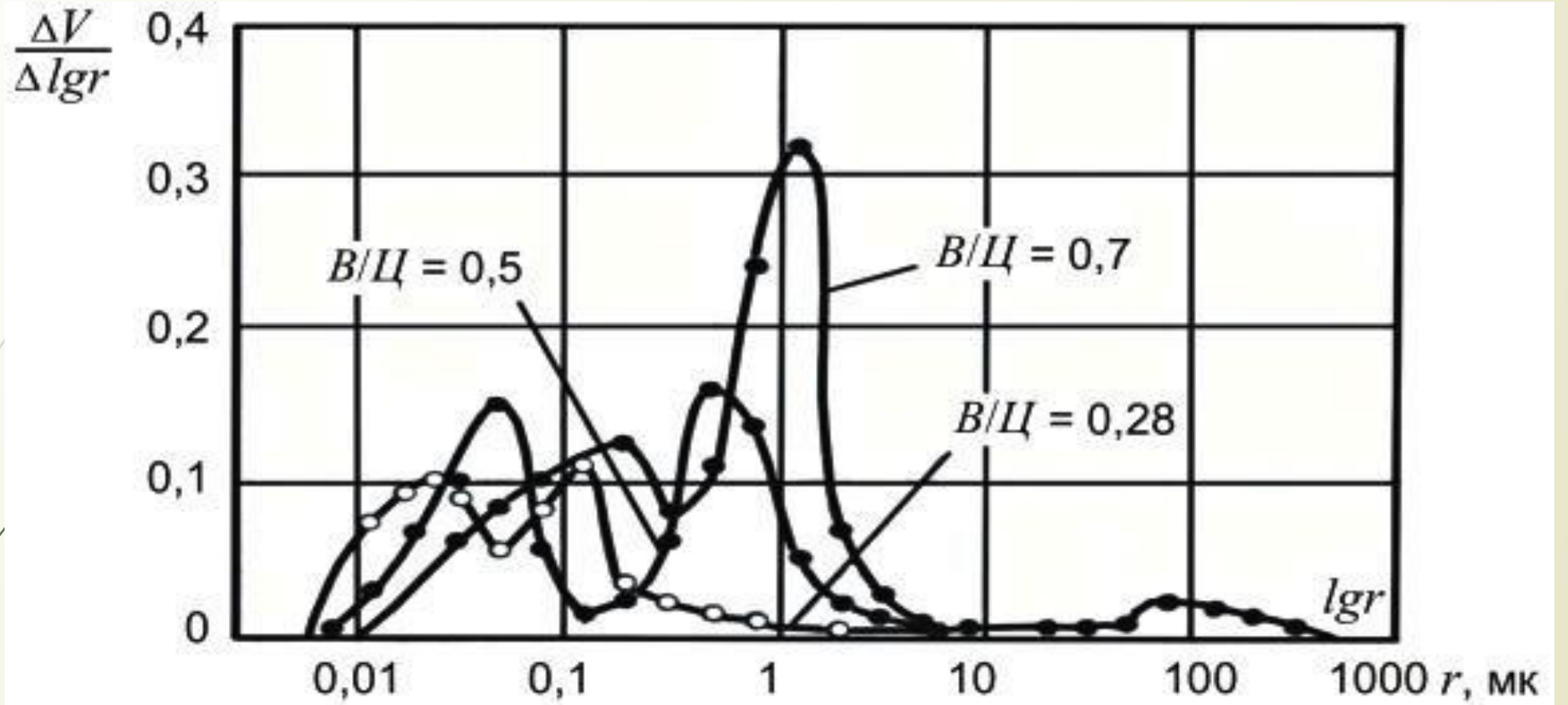
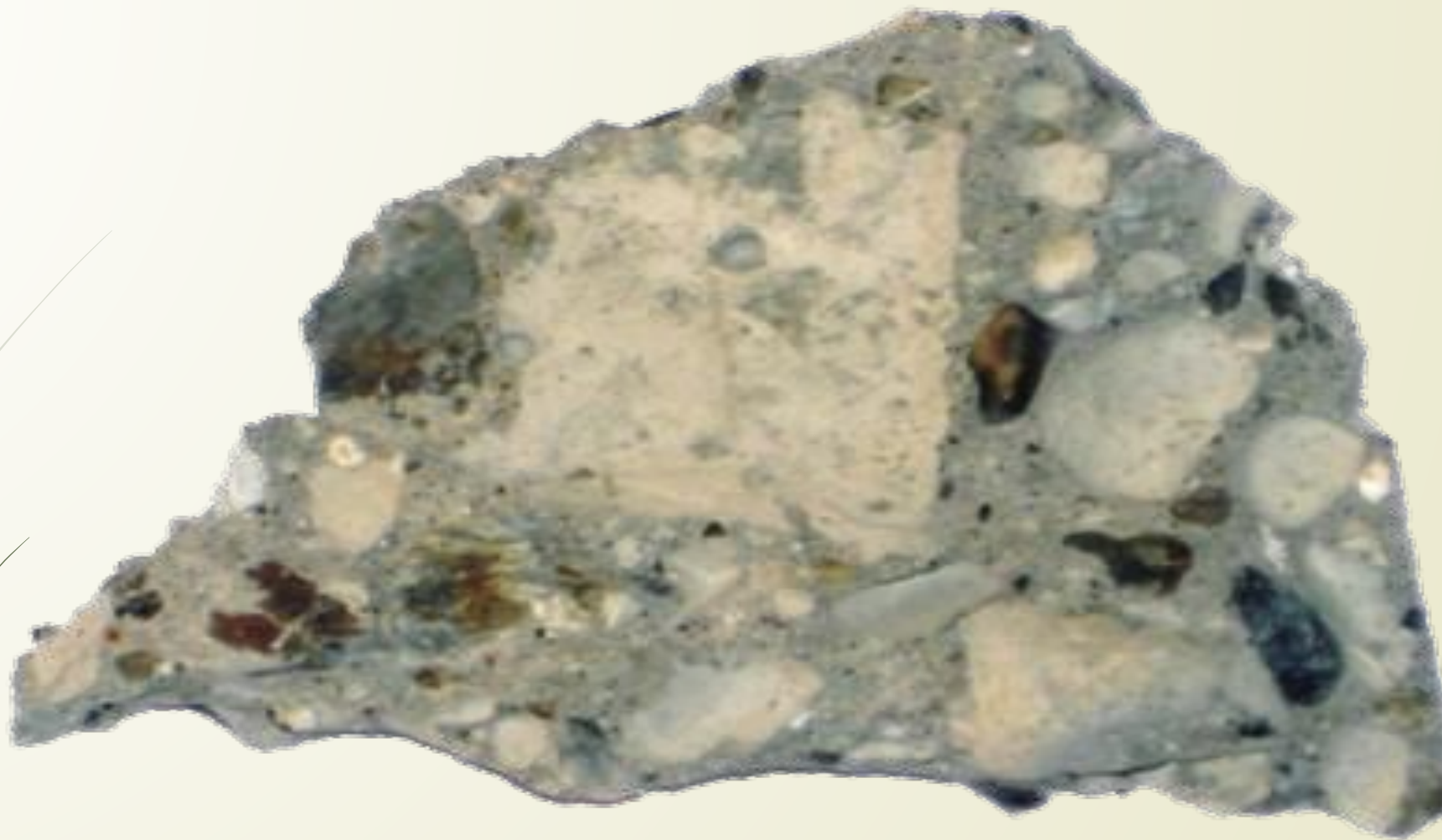


Рис. 4.5. Влияние водоцементного отношения на дифференциальную пористость цементного камня



Рис. 4.6. Элементарная ячейка структуры бетона: 1 – зерно заполнителя; 2 – контактная зона; 3 – зона ослабленной структуры вследствие седиментации; 4 – воздушные пузырьки; 5 – зона уплотнённой структуры; 6 – зона возможного внутреннего водоотделения



Неплотности под зернами заполнителя в виде горизонтальных ходов, сформировавшихся после скопления воды, и пузырьков воздуха

Содержание в цементе C_3S , %

63		41	
Удельная поверхность S_{yA} , cm^2/g	Пористость, %	Удельная поверхность S_{yA} , cm^2/g	Пористость, %
2400	43,6	2350	45,7
3500	44,6	3700	46,0
4000	44,0	4700	49,6
5300	47,5	5300	54,4

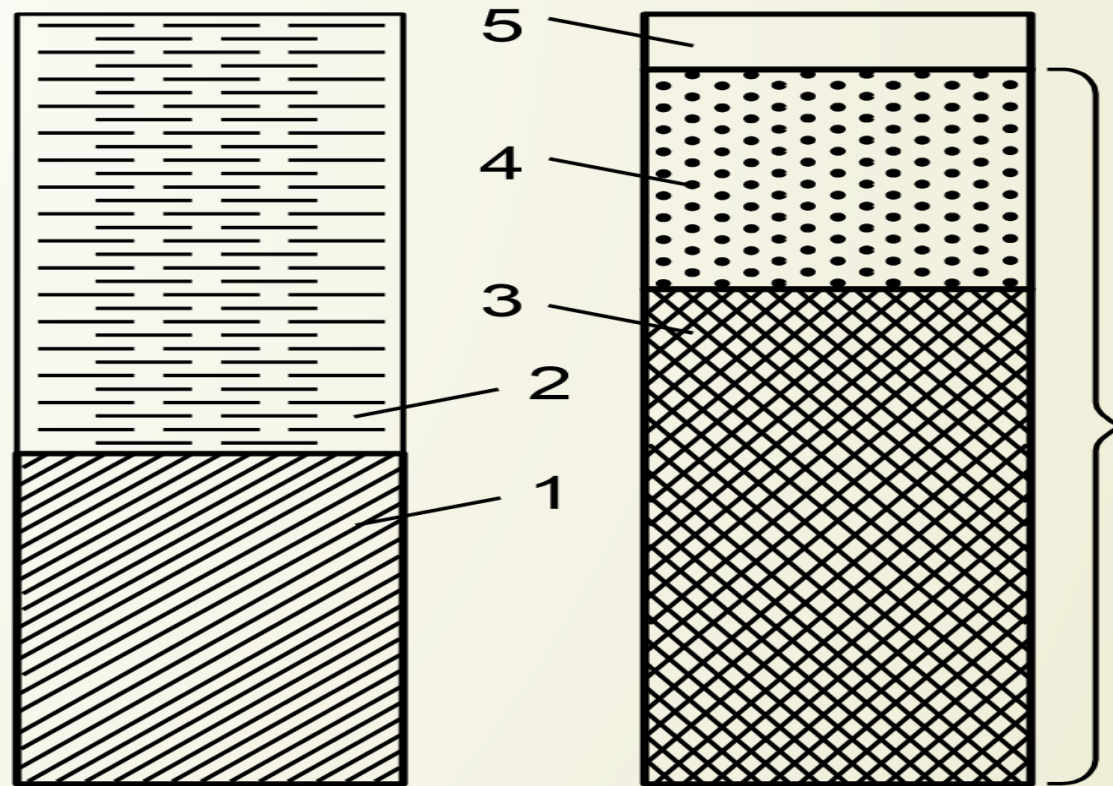


Рис. 4.9. Изменение объема твердой и жидкой фаз в системе цемент + вода при гидратации цемента (при $V/Ц = 0,5$): 1 – объем негидратированного цемента; 2 – первоначальный объем воды; 3 – объем твердой фазы гидратированного цемента; 4 – объем гелевой воды; 5 – объем контракционных пор; 6 – объем цементного геля вместе с порами

Контракция (стяжение) – это явление уменьшения абсолютного объёма системы цемент+вода в процессе гидратации.

Изменение абсолютных объёмов системы C_3A – вода

Наименование	$3CaO \cdot Al_2O_3 + 6H_2O = 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O$		
Молекулярная масса	270,20	108,09 1	378,28 2,52
Плотность	3,04	108,09	150,11
Объём	88,88		
Общий объем	196,97		150,11

Абсолютный объём реагирующих веществ C_3A и воды составил 196,97 см³, а объём гидроалюмината – только 150,11 см³, следовательно, контракция в данном примере составила 46,86 см³ или 23,79 %. Поскольку контракция почти не уменьшает внешний объём системы, её следствием является образование в гидратированном цементе контракционного объёма. В цементном камне и бетоне при этом возникает вакуум, под влиянием которого эти поры заполняются водой или воздухом в зависимости от среды, в которой находится материал. Учитывая скорость гидратации алюминатов, можно утверждать, что они способствуют созданию грубопористой структуры камня, возникающей в начальный период (когда росту кристаллов гидроалюминатов нет помех), и приводят к формированию повышенных объёмов контракционной пористости при последующей гидратации.

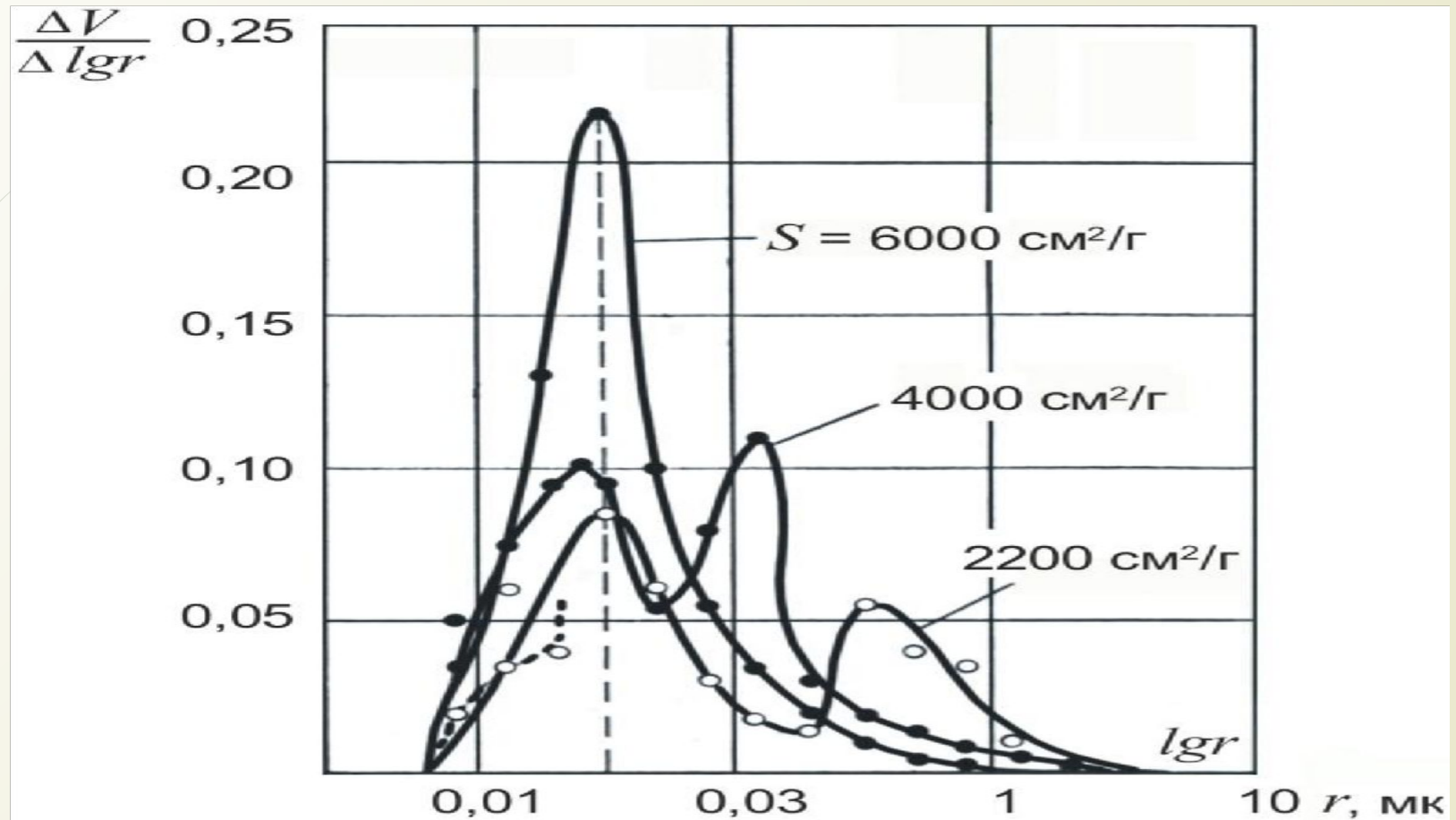


Рис. 4.10. Дифференциальная пористость цементного камня в зависимости от удельной поверхности цемента по данным Л.И. Эдельмана

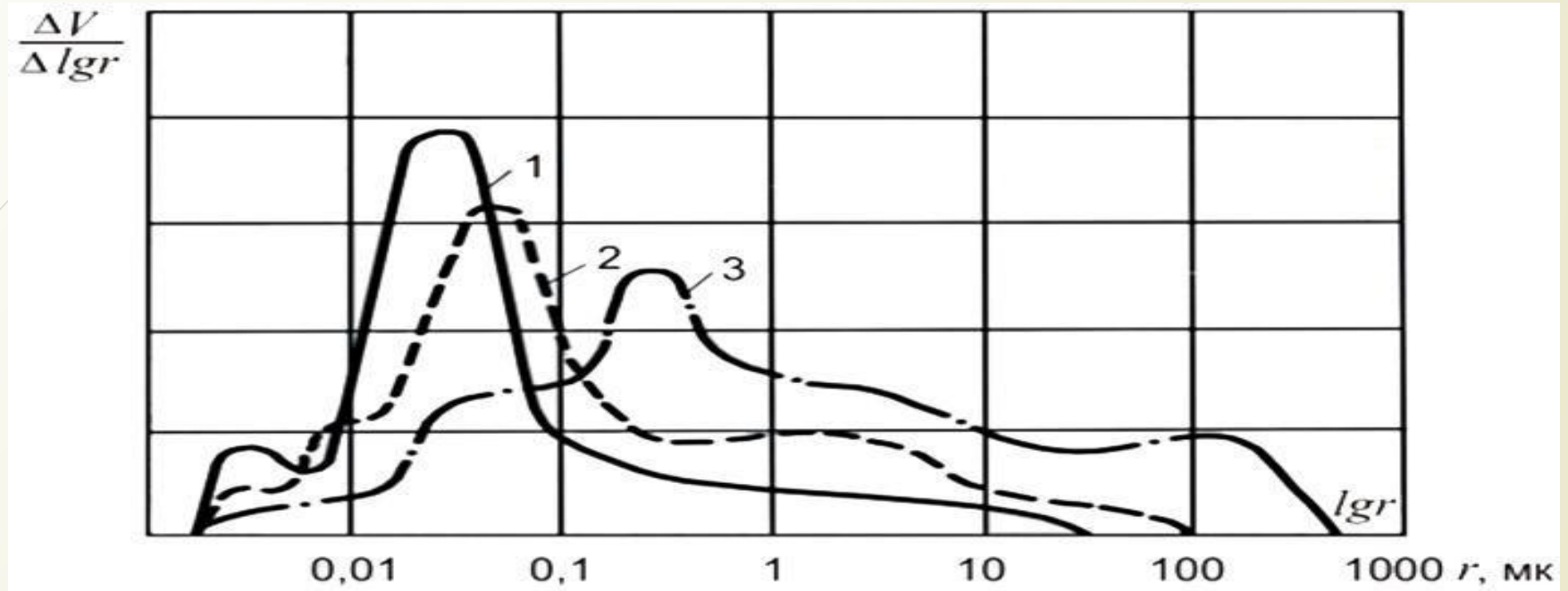


Рис. 5.4. Кривые распределения капилляров по радиусам в цементном камне при хранении:
 1 – в водных условиях; 2 – воздушно-влажных ($W = 90 \%$); 3 – в воздушно-сухих ($W = 60 \%$)

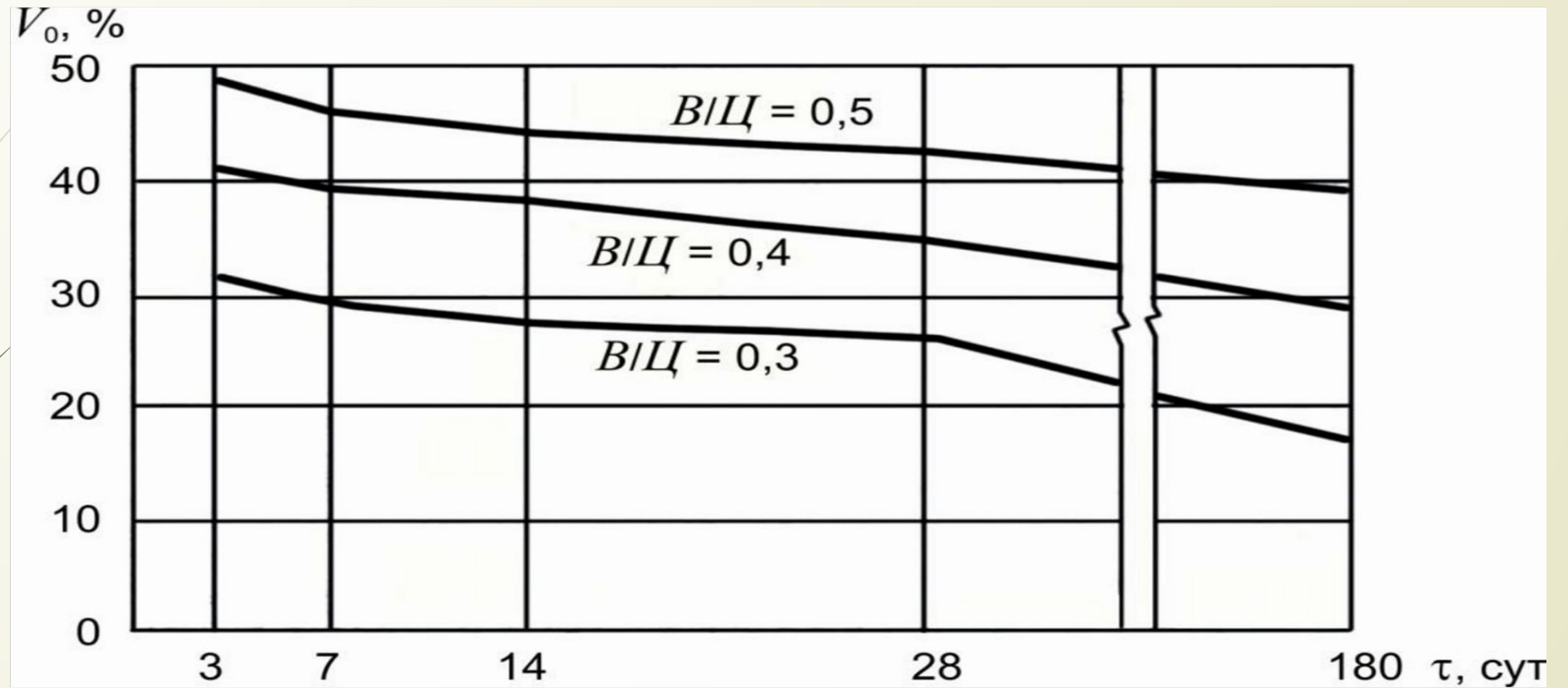


Рис. 6.4. Изменение общего объёма пор цементного камня во времени в зависимости от B/C

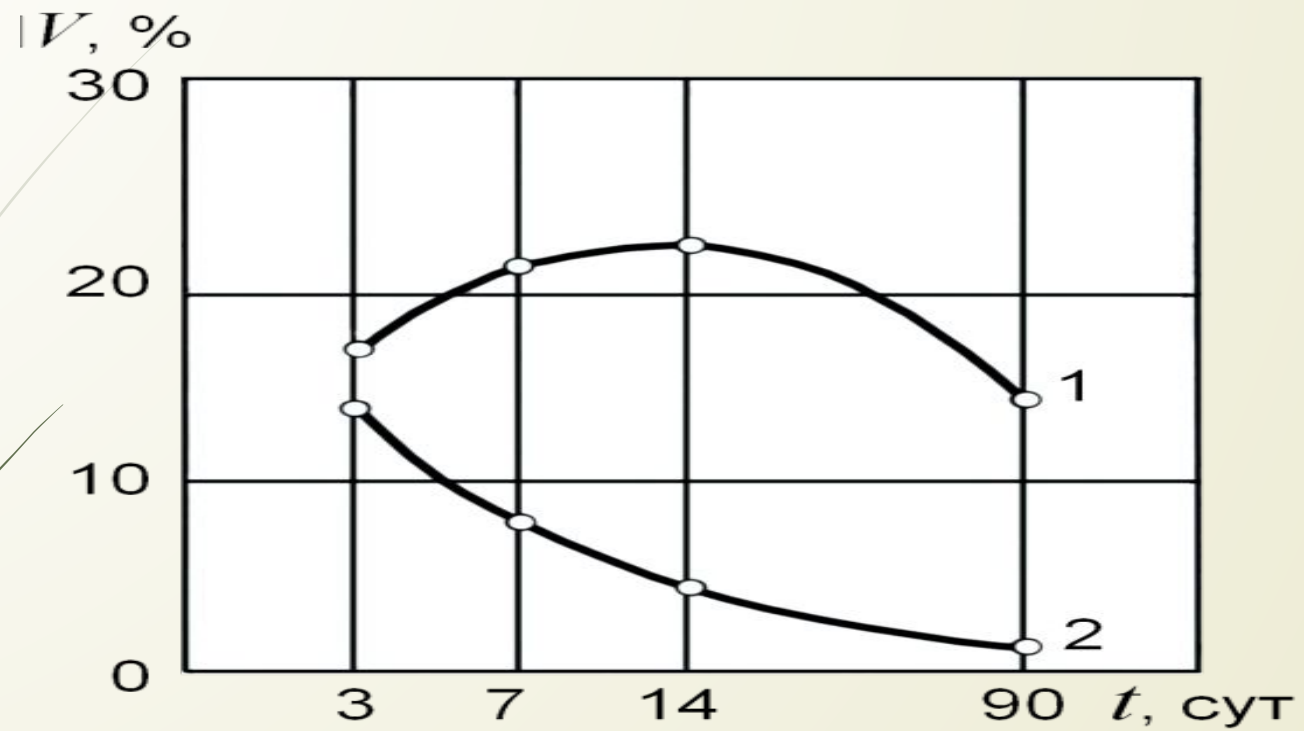


Рис. 6.6. Изменение объёма микропор размера ($r > 10^{-9}$ см) в цементном камне с $B/C = 0,3$ в процессе его твердения

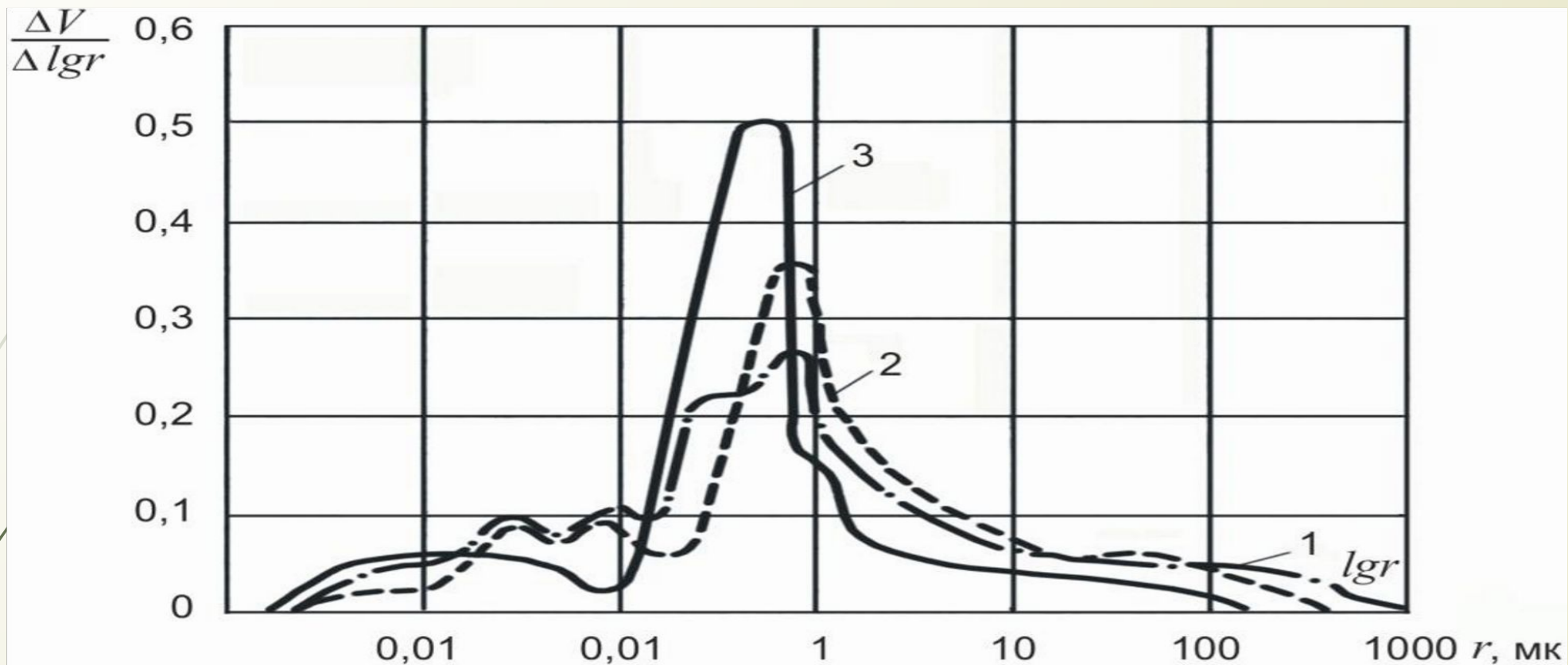


Рис. 6.3. Дифференциальные кривые распределения капилляров по радиусам в цементном камне с $B/C = 0,5$ при возрасте образцов:

1 – 14 суток; 2 – 28 суток; 3 – 90 суток