

УДК 699.86 + 691

**С.А. Пашкевич, А.О. Адамцевич, А.П. Пустовгар,
 С.А. Голунов, Н.Н. Шишияну**

ФГБОУ ВПО «МГСУ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРОВОЙ СТРУКТУРЫ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ, ТВЕРДЕЮЩИХ ПРИ ПОНИЖЕННЫХ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Рассматриваются особенности формирования поровой структуры цементных систем, твердеющих при пониженных и отрицательных температурах.

Ключевые слова: система, температура, гидратация, пора, противоморозная, состав, добавка, испытание.

Формирование поровой структуры цементного камня происходит в результате процессов гидратационного воздействия твердой фазы (цементное вяжущее) и жидкой фазы (вода). В связи с этим можно предположить, что любое изменение условий гидратации оказывает влияние на взаимодействие данных фаз между собой и приводит к изменению поровой структуры цементного камня. Особую роль в процессе гидратации играет жидкая фаза. Температурные колебания среды, в которой происходит гидратация цементной системы, способны значительно повлиять на химическую активность воды в процессе гидратации [1]. В конечном итоге, данные факторы способны привести к нарушению формирования структуры цементного камня и снижению его эксплуатационных характеристик. Вода, находящаяся между частицами геля и удерживаемая в свежееуложенной цементной системе капиллярным давлением, особенно подвержена влиянию отрицательных температур, так как они приводят к быстрому испарению химически несвязанной капиллярной влаги с образованием капиллярных пор, размер и форма которых отличается от пор, образующихся при нормальных условиях твердения.

Помимо этого, раннее замораживание системы приводит к быстрому переходу свободной воды из жидкого агрегатного состояния в твердое, что характеризуется появлением внутренних напряжений в системе и резким увеличением значения гидравлического давления льда на цементную матрицу [2]. В результате формирующийся на ранних стадиях гидратации структурный каркас системы претерпевает необратимые изменения, что, в свою очередь, характеризуется изменением размеров пор в структуре материала, а также значительным изменением их объема относительно твердой матрицы.

Структурообразование цементных систем напрямую зависит от степени их модификации специальными добавками, в т.ч. противоморозными компонентами [3], обеспечивающими протекание процессов гидратации при пониженных и отрицательных температурах. Изучение механизма их действия и влияния на формирование микроструктуры цементного камня способствует направленному регулированию его свойств. Поэтому модификация цементных систем специальными противоморозными компонентами является актуальной научно-практической задачей.

Для определения влияния противоморозных компонентов на формирование порового пространства цементной системы были проведены исследования классической цементной системы (контрольный состав) и ее модификации специальным противоморозным компонентом на полимерной основе (модифицированный состав).

Регламент проведения эксперимента предполагал выдерживание свежеприготовленных образцов в температурном диапазоне от +22 до -10 °С (с шагом 5 °С) до достижения ими проектного возраста (28 сут).

Для каждого образца на приборе Porotech 3.1 (рис. 1), принцип действия которого основан на методе эталонной порометрии, была получена зависимость изменения суммарного объема пор относительно температурных условий гидратации (рис. 2). В основе метода эталонной порометрии лежит принцип установления капиллярного равновесия между измеряемым и эталонным образцами.



Рис. 1. Эталонный поромер Porotech 3.1

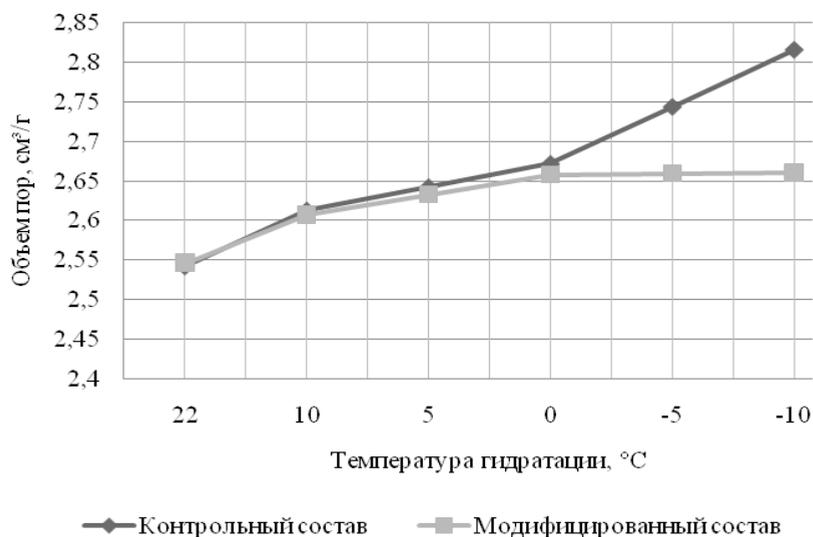


Рис. 2. Изменение суммарного объема пор от температуры гидратации

Анализ полученной зависимости показал, что при снижении температуры гидратации до значения 0 °С наблюдается схожее увеличение суммарного объема пор для обоих составов. Дальнейшее снижение температуры до значения -10 °С выяви-

ло характер к значительному увеличению суммарного объема пор у контрольного состава, в то время как состав, модифицированный противоморозными компонентами, проявил тенденцию к сохранению данного показателя.

Таким образом, можно выделить 3 ключевые точки изменения суммарного объема пор:

- +22 °С — исходные данные о характере формирования поровой структуры;
- 0 °С — точка излома кривых распределения объема пор в материале;
- 10 °С — нижняя граница измерений.

Детализация полученных зависимостей по объему пор в ключевых точках приведена на рис. 3.

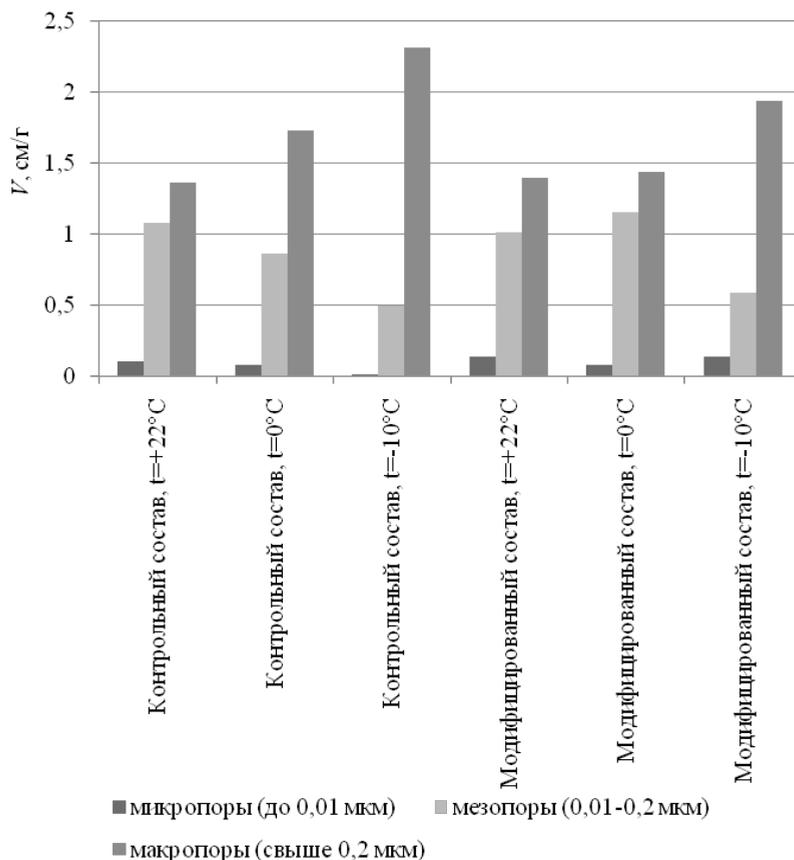


Рис. 3. Распределение объема пор по видам

Анализ полученных данных для контрольных образцов при разных температурных режимах выявил значительное увеличение объема макропор при одновременном уменьшении мезо- и микропор в структуре образца. Наиболее явно эта зависимость проявляется при сравнении данных распределения пор по объему для контрольного образца, твердевшего при температуре -10 °С с данными распределения пор в контрольном образце, твердевшем при температуре +22 °С.

Для контрольного состава, твердевшего при температуре -10 °С, наблюдается достаточно нестабильная к восприятию внешних нагрузок цементная матрица, что подтверждается данными электронной микроскопии (рис. 4,5).

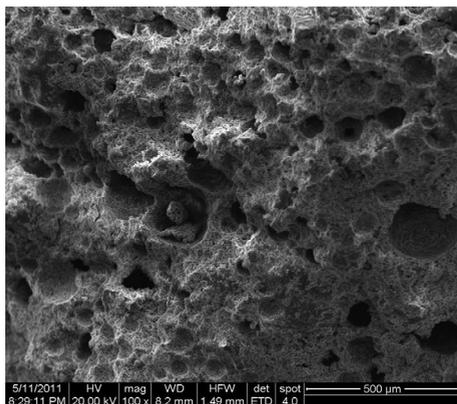


Рис. 4. Микроструктура контрольного образца, температура гидратации плюс 22 °С

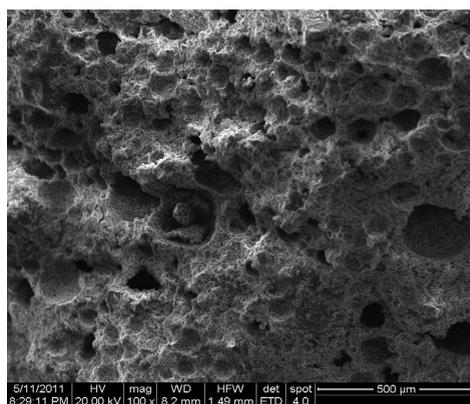


Рис. 5. Микроструктура контрольного образца, температура гидратации –10 °С

В отличие от контрольного состава, модифицированный состав показал стабильность формирования порового пространства и в условиях пониженной температуры, несмотря на увеличение объема отдельных видов пор. Характер распределения пор в структуре образца меняется незначительно при снижении температуры гидратации до 0 °С, а при дальнейшем снижении температуры до нижней границы измерений выявил вполне закономерное увеличение объема макропор при одновременном сохранении взаимного распределения мезо- и микропор.

Микроструктура модифицированных составов представлена на рис.6 и 7.

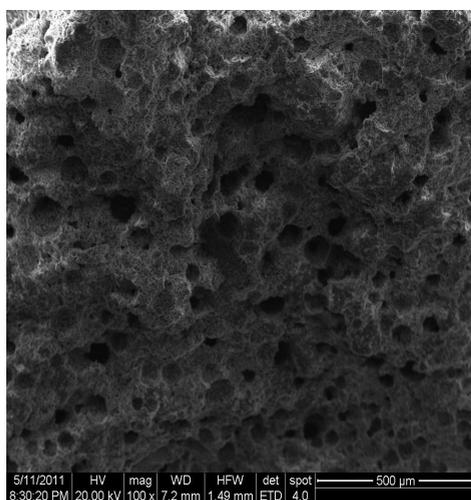


Рис. 6. Микроструктура модифицированного образца, температура гидратации +22 °С

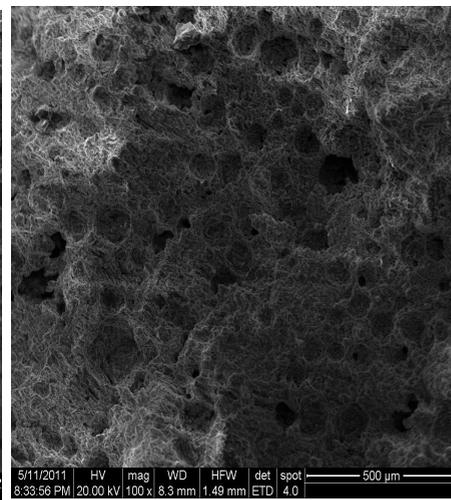


Рис. 7. Микроструктура модифицированного образца, температура гидратации минус 10 °С

По итогам проведенных исследований можно сделать вывод, что модификация цементных систем противоморозными добавками способствует сохранению гидратации цемента в системе при пониженных и отрицательных температурах, что приводит к формированию нормальной поровой структуры цементного камня.

Библиографический список

1. *Баженов Ю.М.* Способы определения состава бетона различных видов. М. : Стройиздат, 1975.
2. *Ушеров-Маршак А.В., Сопов В.П., Златковский О.А.* Физико-химические основы влияния мороза на твердение бетона // Научно-практичні проблеми сучасного залізо бетона. Вип. 50. К. : НДІБК, 1999. С. 391—394.
3. Руководство по применению химических добавок в бетоне / НИИЖБ Госстроя СССР. М. : Стройиздат, 1980.

Поступила в редакцию в январе 2012 г.

Об авторах: **Пашкевич Станислав Александрович** — аспирант кафедры строительства ядерных установок, младший научный сотрудник Научно-исследовательского института новых строительных материалов и технологий (НИИ «СМиТ»), ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26, +7(926)656-49-66, pashkevich86@mail.ru;

Пустовгар Андрей Петрович — кандидат технических наук, профессор, и.о. директора Научно-исследовательского института новых строительных материалов и технологий (НИИ «СМиТ»), ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26;

Адамцевич Алексей Олегович — аспирант кафедры строительства ядерных установок, младший научный сотрудник Научно-исследовательского института новых строительных материалов и технологий (НИИ «СМиТ»), ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26;

Голунов Сергей Анатольевич — заместитель директора Научно-исследовательского института новых строительных материалов и технологий (НИИ «СМиТ»), ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26;

Шишияну Наталья Николаевна — магистрант кафедры строительства ядерных установок, Научно-исследовательский институт новых строительных материалов и технологий (НИИ «СМиТ»), ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Для цитирования: Исследование формирования поровой структуры цементных систем, твердеющих при пониженных отрицательных температурах / С.А. Пашкевич, А.О. Адамцевич А.П. Пустовгар, С.А. Голунов, Н.Н. Шишияну // Вестник МГСУ. 2012. № 3. С. 120—125.

S.A. Pashkevich, A.O. Adamtsevich, A.P. Pustovgar, S.A. Golunov, N.N. Shishiyanu

RESEARCH OF FORMATION OF THE PORE STRUCTURE OF CEMENT SYSTEMS THAT HARDEN AT LOW AND NEGATIVE TEMPERATURES

The article covers the formation of the pore structure of cement systems that harden at low and negative temperatures. Temperature fluctuations that accompany the hydration of cement systems can produce a substantial impact onto the chemical activity of the water in the course of hydration. These factors can produce an adverse impact on the formation of the structure of the cement stone and impair its performance characteristics. The formation of the structure of cement systems is dependent on the impact of specialized additives, including antifreeze agents that facilitate hydration at low and negative temperatures. The research of their action and the nature of their influence on the formation of the microstructure of the cement stone facilitate the purposeful adjustment of their properties. Therefore, modification of cement systems by specialized antifreeze components is a relevant objective of scientific and practical research.

Research of a classical cement system (a benchmark composition) and a cement system modified by a specialized antifreeze polymer-based additive (a modified composition) was performed to identify the impact of antifreeze additives onto the process of formation of its pore space.

Upon completion of the research project described in the article, the authors have concluded that antifreeze additives facilitate hydration of cement at low and negative temperatures and cause regular formation of the pore structure of the cement stone.

Key words: system, temperature, hydration, pore, antifreeze, mortar, additive, test.

References

1. Bazhenov Yu.M. *Sposoby opredeleniya sostava betona razlichnykh vidov* [Methods of identification of Composition of Various Types of Concrete]. Moscow, Stroyizdat, 1975.
2. Usharov-Marshak A.V., Sopov V.P., Zlatkovskiy O.A. *Fiziko-khimicheskie osnovy vliyaniya morozha na tverdenie betona* [Physical and Chemical Principles Underlying the Influence of Frost onto Concrete Hardening], *Naukovo-praktichni problemi suchasnogo zalizo bstonu*, no. 50, K, NDIBK, 1999, pp. 391—394.
3. *Rukovodstvo po primeneniyu khimicheskikh dobavok v betone* [Guide to the Use of Chemical Additives to the Concrete], NIIZhBGosstroya SSSR, Moscow, Stroyizdat, 1980.

About the authors: **Pashkevich Stanislav Aleksandrovich** — postgraduate student, Department of Construction of Nuclear Power Plants, Junior Researcher, Scientific and Research Institute of New Building Materials and Technologies (NII «SMiT»), **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; pashkevich86@mail.ru;

Adamtsevich Aleksey Olegovich — postgraduate student, Department of Construction of Nuclear Power Plants, Junior Researcher, Scientific and Research Institute of New Building Materials and Technologies (NII «SMiT»), **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation;

Pustovgar Andrey Petrovich — Candidate of Technical Sciences, Professor, Acting Director, Scientific and Research Institute of New Building Materials and Technologies (NII «SMiT»), **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation;

Golunov Sergey Anatol'evich — Deputy Director, Scientific and Research Institute of New Building Materials and Technologies (NII «SMiT»), **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation;

Shishiyanu Natal'ya Nikolaevna — master student, Department of Construction of Nuclear Power Plants, Junior Researcher, Scientific and Research Institute of New Building Materials and Technologies (NII «SMiT»), **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation.

For citation: Pashkevich S.A., Adamtsevich A.O., Pustovgar A.P., Golunov S.A., Shishiyanu N.N. *Issledovanie formirovaniya porovoy struktury tsementnykh sistem, tverdeyushchikh pri ponizhennykh i otritsatel'nykh temperaturakh* [Research of Formation of the Pore Structure of Cement Systems that Harden at Low and Negative Temperatures]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering], 2012, no. 3, pp. 120—125.