

7. Мадатян, С.А. Арматура железобетонных конструкций / С.А. Мадатян. – М.: Воентехлит, 2000. – 256 с.

8. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: Стандартинформ, 2013. – 30 с.

MODELING OF BAR ANCHORAGE IN CONCRETE

Y.V. Krasnoschekov

Abstract. The article dwells on the results of computer modeling of pilot samples designed to testing for pulling out deformed reinforcement from concrete. The author analyzes the stress-strain state of finite elements of certain models, determines the areas of the probable cracks formation at elastic deformation of materials. The author discovers the character of concrete destruction on the different theories of durability. The particular attention is paid to identifying conditions of dangerous phenomenon of splitting concrete in the area of bar anchorage.

Keywords: reinforced concrete, bar anchorage, testing, modeling, theory of durability, splitting, cut.

References

1. Tihonov I.N. K diskussii po stat'e «O normirovanii ankerovki sterzhnevoj armatury» [The discussion on the article "On the normalization of reinforcement bar anchorage]. *Beton i zhelezobeton*, 2007, no 1. pp. 28 – 30.

2. Degtjarjov V.V. O stat'e «O normirovanii ankerovki sterzhnevoj armatury» [On the article "On the normalization of reinforcement bar anchorage]. *Beton i zhelezobeton*, 2007, no 1. pp. 25 – 28.

3. Holmjanskij M.M. *Kontakt armatury s betonom* [Contact of concrete with reinforcement]. Moscow, Strojizdat, 1981. 184 p.

4. Tihonov I.N. O normirovanii ankerovki sterzhnevoj armatury [On the normalization of reinforcement bar anchorage]. *Beton i zhelezobeton*, 2006, no 3. pp. 2 – 7.

5. Krasnoschekov Y.V. Vlijanie treshhin na ankerovku armatury periodicheskogo profilja [Influence of cracks on the deformed bar anchorage]. *Vestnik SibADI*, 2008, no 3 (9). pp. 39 – 45.

6. RILEM/CEB/FIP. Recommendation on reinforcement steel for reinforced concrete. RC6. Bond Test for reinforcement steel. 2. Pull-out tests. May. 1983. 8 p.

7. Madatjan S.A. *Armatura zhelezobetonnyh konstrukcij* [Reinforcement of concrete structures]. Moscow, Voentehlit, 2000. 256 p.

8. *GOST 10180-2012. Betoны. Metody opredelenija prochnosti po kontrol'nym obrazcam* [State standart 10180-2012. Concrete. Methods of determination of durability on control samples]. Moscow, Standartinform, 2013. 30 p.

Краснощеков Юрий Васильевич (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Строительные конструкции», ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: uv1942@mail.ru).

Krasnoschekov Yuriy Vasilevich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, associate professor, professor of the department «Building structures», The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: uv1942@mail.ru).

УДК 666.97

ВЛИЯНИЕ СОСТАВОВ МАТЕРИАЛОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

В.С. Лесовик¹, И.Л. Чулкова²

¹ФГБОУ ВПО БГТУ им. В.Г.Шухова, Россия, г. Белгород;

²ФГБОУ ВПО «СибАДИ» Россия, г. Омск.

Аннотация. Проведен анализ влияния структурообразования при твердении цементов. Показана роль состава и свойств цементов на формирование структурных параметров цементного камня, определяющих его эксплуатационные свойства. Установлено влияние капиллярно-пористой структуры на свойства клинкерных минералов и цементов. Разработан алгоритм управления процессами структурообразования при создании интеллектуальных композитов.

Ключевые слова: клинкерные минералы, цементы, структурообразование, химический и минеральный составы, пористость строительных композитов, геоника, техногенный метасоматоз.

Введение

В последние годы строительным композитам, высококачественным бетонам на

основе цементов посвящены многочисленные публикации отечественных и зарубежных авторов. Наряду с постоянным

совершенствованием существующих материалов, обусловливающих существенный технический и экономический эффект благодаря уникальному сочетанию свойств, наметились тенденции создания новых материалов.

Предложены интеллектуальные строительные композиты, при проектировании которых заложена система взаимодействия с окружающей средой, позволяющая материалам реагировать на внешние воздействия и положительно влиять на триаду «человек-материал-среда обитания», это композиты будущего. Разработан алгоритм управления процессами структурообразования при создании интеллектуальных композитов.

Реализация теоретических положений и системный подход к решению поставленных задач был решен в рамках нового научного направления геоника (геомиметика), что позволило разработать методологические основы создания эффективных строительных композитов нового поколения [1-6]. Геоника (геомиметика) большое внимание уделяют созданию новых высокопрочных, умных материалов. У них должна быть упорядоченная регулируемая структура, формируемые новообразования обладают высокой прочностью и низкой теплопроводностью, обладать способностью самозалечивать дефекты структуры и ликвидировать разупрочняющую пористость.

Одним из механизмов «техногенного метасоматоза» являются противоречия между вещественным составом и структурой строительных конструкций, а также новыми термодинамическими условиями, в которые они попадают во время строительства и эксплуатации зданий и сооружений [6]. Техногенный метасоматоз – это самый сложный механизм. Это и перекристаллизация, и диффузия, и дегидратация, кристаллохимические превращения, трансформация в кристаллических решетках минерала, аутогенез (выделение твердой фазы и растворов).

В основу создания новых высокоэффективных композитов положен «принцип копирования» геологических и космохимических процессов с целью создания новых композитов и оптимизации системы «Человек-материал-среда обитания».

Интеллектуальные материалы – это композиты, при проектировании которых заложена система взаимодействия с окружающей средой, позволяющая

материалами реагировать на внешние воздействия и положительно влиять на триаду «человек-материал-среда обитания». Разработан алгоритм управления процессами структурообразования при создании интеллектуальных композитов.

При проектировании интеллектуальных строительных композитов необходимо управлять процессами структурообразования на всех уровнях, что позволит материалу реагировать на возникновение экстремальных ситуаций при эксплуатации зданий и сооружений. С учетом положения геоника (геомиметика) сформулирован «Закон сродства структур» [7]. Он подразумевает управление процессами структурообразования и синтеза новообразований капиллярно-пористой структуры аналогичной матрицы основного бетона. Интеллектуальные материалы (композиты) способны под воздействием внешней среды изменять свои свойства. Это самоорганизующаяся система. Для того, чтобы создавать такие материалы необходима разработка интеллектуальных систем управления проектированием, производством и эксплуатацией материалов.

Одним из основных вопросов создания эффективных бетонов является изучение структуры бетонов и способов ее регулирования. Основным компонентом минеральных бетонов, отвечающим за формирование структуры и свойств, является цемент. Поэтому вопросы гидратации цемента, регулирования свойств жидкой фазы и гидратных новообразований путем изменения их минерального и гранулометрического состава, минеральных добавок, электролитов и пластификаторов, формирования рациональной поровой структуры цементной матрицы бетонов находятся в центре внимания специалистов по строительному материаловедению, химии и технологии вяжущих веществ. Им посвящены доклады на международных конгрессах по технологии бетона и химии цемента. Однако исследования по отдельным аспектам гидратации и твердения портландцемента и его компонентов, регулирования их с помощью минеральных и химических добавок, формирование оптимальной поровой структуры цементной матрицы бетонов зачастую носят разрозненный характер. Результаты исследования различных авторов по этой проблеме нередко трудно сопоставимы. Ряд важных в научном и практическом отношении закономерностей влияния минерального

состава и химических добавок на скорость гидратации цементов, формирование состава жидкой фазы и гидратных новообразований, поровую структуру и в конечном итоге на физико-механические свойства цементного камня и бетона требуют теоретического

осмысления и увязки с практическими потребностями.

В связи с этим предлагается системный подход к рассмотрению упомянутой проблемы в серии статей со следующими элементами системы (рис.1).



Рис. 1. Системный подход к исследованию и созданию эффективных строительных композитов нового поколения

Влияние химического и минерального составов на формирование структуры цементного камня

В данной работе в качестве элементов системы предлагается рассмотреть химический и минеральный составы портландцемента и способы их регулирования. Авторами предлагаются методологические принципы повышения эффективности строительных композитов за счет регулирования состава жидкой фазы, гидратообразования и структурообразования, оптимизации структуры с учетом закономерностей влияния минерального состава портландцемента на кинетику формирования поровой структуры и твердения цементного камня. Для оценки влияния химико-минерального состава на характер процессов структурообразования при твердении полиминеральных цементов в бетоне целесообразно проанализировать формирование пористой структуры

мономинеральных клинкерных составляющих.

Трехкальциевый силикат, твердеющий в нормальных температурно-влажностных условиях, приобретает капиллярно-пористую структуру, характеризующуюся в раннем возрасте значительной суммарной пористостью (рис. 2, таблица 1). По мере гидратации C_3S развивающаяся во времени структура гелекристаллического гидратного сростка сравнительно быстро преобразуется в сторону уплотнения. Суммарная пористость образцов C_3S от одних до 28 суток твердения уменьшается в три раза ($77,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$ против $221,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$), а к 180 суткам – в 4 раза. При этом происходит закономерное перераспределение объемов пор по величинам их эффективных радиусов.

В образцах C_3S из теста нормальной плотности в односуточном возрасте около 80 % пор имеют величину эффективного радиуса более 10^2 нм . К 28 суткам твердения уже

свыше 85 % пор имеют радиус менее 10^2 нм (из них ~ 42 % – не менее 10 нм), а к 90 суткам поры с радиусом менее 10 нм в камне из C_3S составляют уже 64 % от их общего содержания. Поскольку суммарный объем пор также существенно сокращается (за 180

суток в 4 раза), становится очевидным, что C_3S дает при твердении относительно плотный мономинеральный цементный камень, содержащий небольшое количество преимущественно микропор (радиусом менее 10^2 нм).

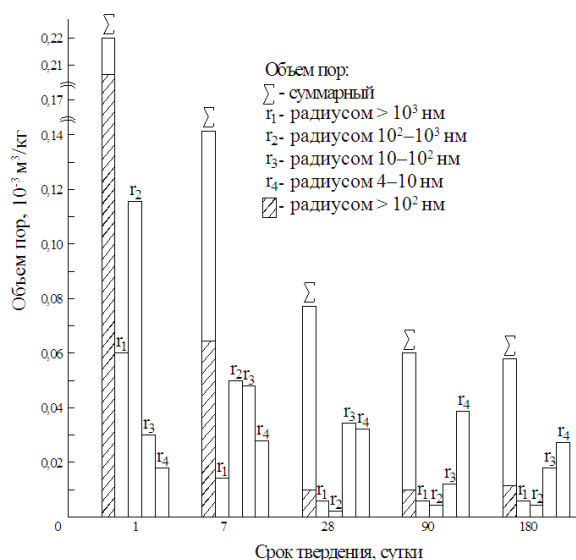


Рис. 2. Изменение структуры пор, состава и свойств мономинерального камня из C_3S в процессе твердения при $20^\circ C$

Таблица 1 – Изменение состава и свойств мономинерального камня из C_3S в процессе твердения при $20^\circ C$ (к рисунку 2)

Срок твердения, сутки	Степень гидратации, % ($\alpha=0,176\text{нм}$)	$S_o, 10^3 \text{ м}^2/\text{кг}$	$R_{сж}, \text{ МПа}$
1	37	4,8	10
7	62	8,2	30
28	76	21,2	52
90	87	20,4	60
180	95	20,4	64

Изменению суммарной пористости образцов C_3S во времени, скорректированному перераспределением объемов пор по размерам, соответствуют почти аналогичные (но с обратным знаком) изменения прочности. Это свидетельствует о том, что существенную роль в развитии и изменении прочностных свойств играет капиллярно-пористая структура твердеющего C_3S (в первую очередь, изменение содержания крупных пор с радиусом $>10^2$ нм).

Двухкальциевый силикат, гидратирующийся в нормальных температурно-влажностных условиях со значительно меньшей скоростью, чем C_3S , на

всех стадиях твердения характеризуется более высокими значениями суммарной пористости мономинерального камня. Двухкальциевый силикат достигает прочности близкой к прочности C_3S (соответственно 59 и 65 МПа в 180-суточном возрасте), при значительно меньшей степени гидратации (соответственно 59 и 95 %). Но даже такая сравнительно невысокая степень гидратации этого минерала обеспечивает получение плотного мономинерального камня, характеризующегося низкой суммарной пористостью, и, что весьма важно, более чем на 90 % состоящей из пор с радиусом менее 10^2 нм (рис. 3, таблица 2).

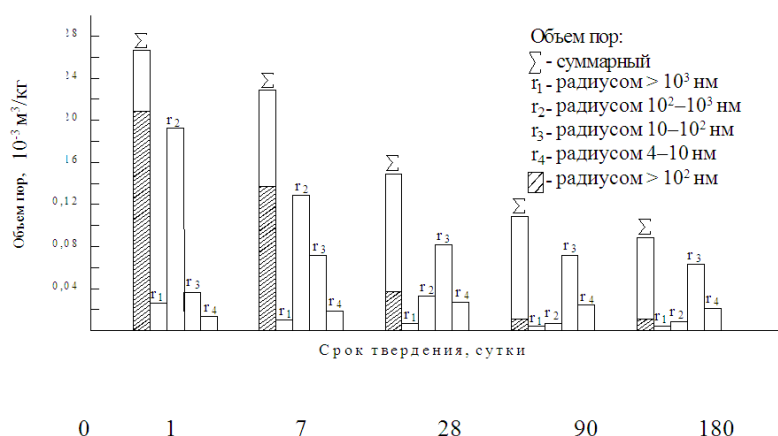


Рис. 3. Изменение структуры пор, состава и свойств мономинерального камня из β - C_2S в процессе твердения при $20^\circ C$

Таблица 2 – Изменение состава и свойств мономинерального камня из β - C_2S в процессе твердения при $20^\circ C$ (к рисунку 3)

Возраст, сутки	Степень гидратации, % (d=0,176нм)	$S_o, 10^3 \text{ м}^2/\text{кг}$	$R_{сж}, \text{ МПа}$
1	7	6,2	1,0
7	16	7,8	5,5
28	40	12,1	32
90	54	12,7	55
180	59	12,0	59

Объем крупных пор ($r > 10^2$ нм) в 180 суточных образцах β - C_2S составляет $8,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$ (при суммарной пористости $8,76 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$) против $11,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$ (при суммарной пористости $57,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$) для образцов того же возраста из C_3S . Именно поэтому в поздние сроки твердения белит во многих случаях достигал более высокой прочности, чем алит. Если брать за основу для сравнения образцы из β - C_2S и C_3S с одинаковой степенью гидратации (37 и 62% для C_3S и 40 и 59 % для β - C_2S), то в этом случае примерно в 1,5 раза меньшую суммарную пористость и соответственно в 2-3 раза большую прочность показывают образцы из мономинерального теста β - C_2S . При этом они имеют и более высокую дисперсность гидратных новообразований.

С увеличением сроков твердения не только снижается суммарная пористость мономинерального камня на основе C_3S и β - C_2S , но и изменяется структура пор. Такой цементный камень становится в большей степени микропористым, характеризуется

большой однородностью, более равномерным распределением в нем твердотельной составляющей. Следовательно, к этому нужно стремиться, чтобы получить прочный и долговечный материал на основе цемента.

Гидратация полиминерального цемента является сложным физико-химическим процессом. Совместное присутствие в нем клинкерных минералов, их составов, структура и активность которых существенно различаются, а также наличие гипса, вводимого при помолке клинкера и являющегося источником быстрого появления в жидкой фазе ионов $(SO_4)^{2-}$, легко растворимых щелочных соединений и т.д., - все это коренным образом изменяет течение процессов гидратации составляющих портландцемента. Изменяются при этом фазовый состав, дисперсность, морфология, степень кристаллизации, а также структурообразующие свойства и стабильность гидратных новообразований.

В полиминеральных цементах влияние отдельных минеральных составляющих на формирование структуры цементного камня несколько изменяется их совместным присутствием, но, тем не менее, остается заметным. Скорость взаимодействия с водой клинкерных минералов при их совместном присутствии, вид гидратных соединений и последовательность их образования обуславливаются взаимным влиянием минералов друг на друга. В первую очередь это проявляется через изменение состава и свойств жидкой фазы и также непосредственно отражается на составе, дисперсности, кристалличности, морфологии, стабильности во времени образующихся гидратов, а, следовательно, на формировании структуры цементного камня. Далее целесообразно проанализировать процессы структурообразования, развитие во времени и основные особенности капиллярно-пористых структур полиминеральных цементах, чтобы оценить влияние химико-минерального состава.

В ряде работ [8-11] подтверждается хорошо коррелирующаяся взаимосвязь между капиллярно-пористой структурой и прочностными свойствами. Исследования показали [12,14], что цементный камень на

основе трехкальцевого и β -модификаций двухкальцевого силикатов, являющихся главным образом носителями гидратационного твердения всех клинкерных цементах, с возрастом становится все более плотным и в первую очередь именно поэтому более прочным.

Портландцементный клинкер на 75-80 % представлен фазами алита и белита, поэтому вполне закономерно считать, что эти фазы вносят основной вклад в формирование структуры при твердении полиминеральных цементах. Действительно, сравнивая структуру пор цементного камня на основе полиминеральных цементах различного минерального состава (рис.4-6) со структурой пор мономинеральных составов (рис. 2,3) можно видеть, что структура пор продуктов твердения полиминеральных цементах разного состава (таблица 3) во многом схожа со структурой пор, формирующихся при твердении C_3S . На рисунке 5 приведены результаты исследования кинетики порообразования различных групп цементах по классификации авторов. На рисунке 6 показана зависимость механической прочности цементного камня от распределения пор по размерам.

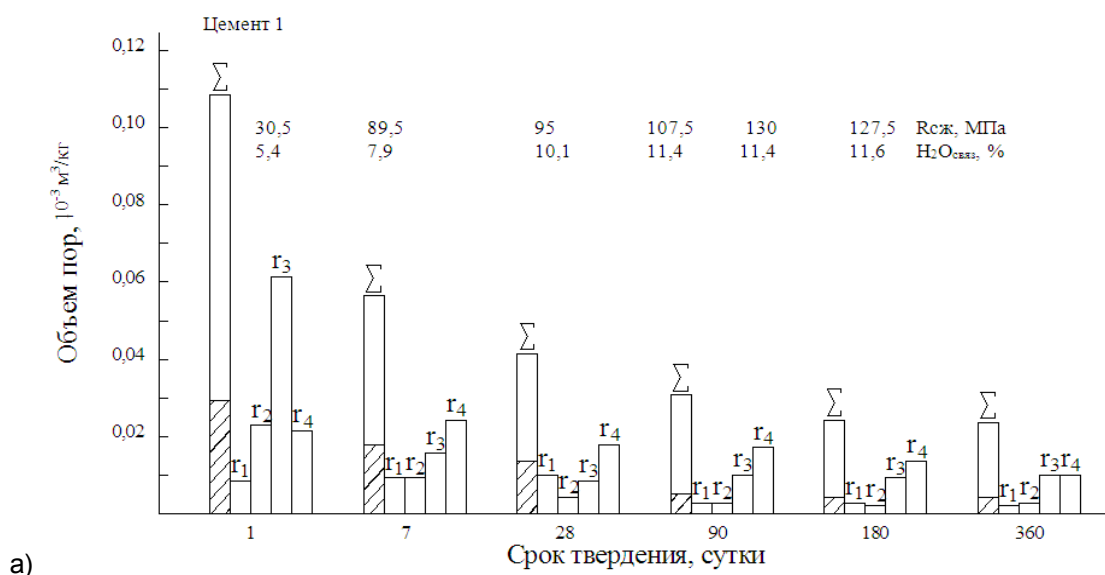


Рис. 4. Изменение структуры пор, состава и свойств полиминерального цементного камня в процессе твердения при 20°C (окончание) (а)

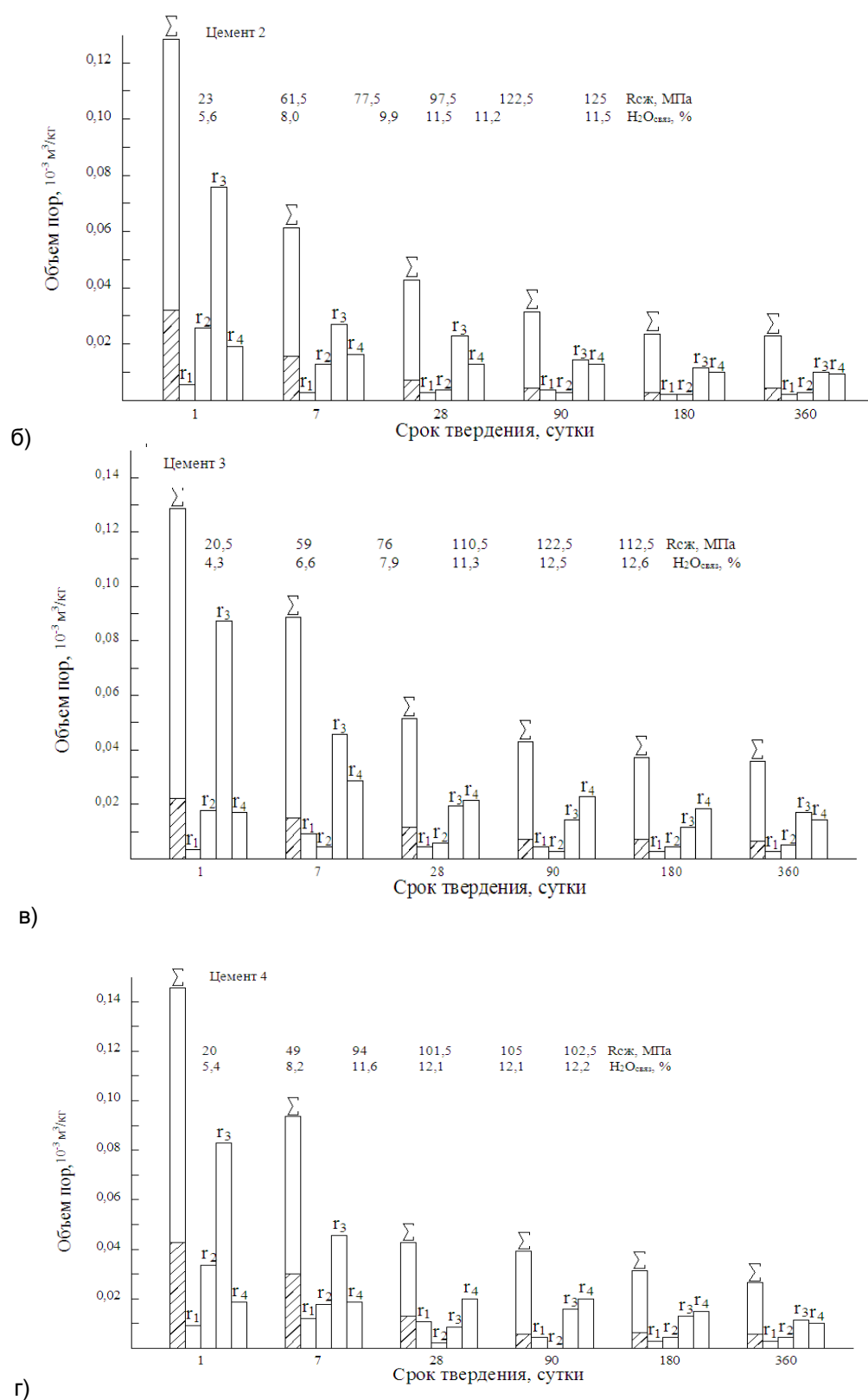


Рис. 4. Изменение структуры пор, состава и свойств полиминерального цементного камня в процессе твердения при 20°С (б, в, г)

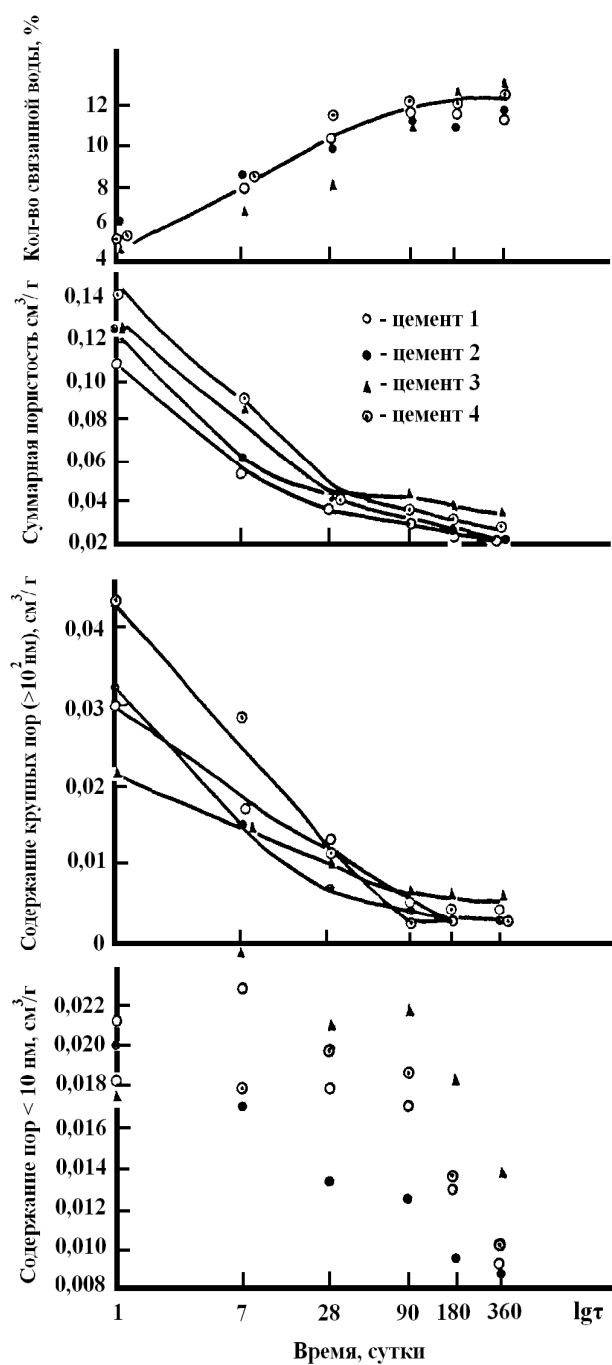


Рис. 5. Изменение структурных параметров и степени гидратации полиминерального цементного камня в процессе твердения при 20 °С

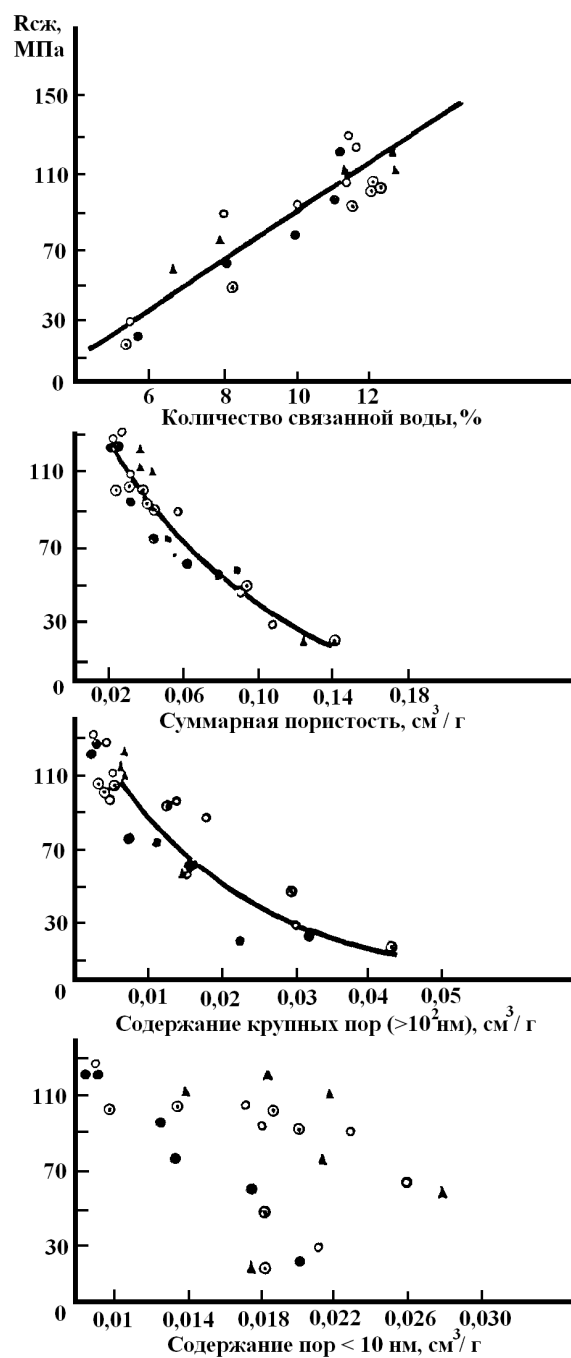


Рис. 6. Зависимость прочности полиминерального цементного камня, формирующегося при 20 °С, от его структурных параметров и степени гидратации цемента

Выводы

Результаты анализа суммарной пористости цементного камня показывают, что ее значения, характеризующиеся величинами одного порядка для цементов разного минерального состава, с возрастом образцов закономерно понижаются. При этом значения суммарной пористости годичных образцов в 5-6 раз ниже суммарной пористости образцов 1-суточного возраста, независимо от минерального состава цементов, то есть во всех случаях подтверждается общее правило о закономерном снижении пористости и повышении плотности цементного камня в процессе его твердения в нормальных температурно-влажностных условиях.

Детальный анализ графических зависимостей, представленных на рисунке 5 и 6 показывает, что с возрастом образцов из полиминеральных цементов наиболее закономерные изменения параметров, характеризующих структурное состояние системы, произошли с суммарной пористостью и содержанием в них крупных ($r > 10^2$ нм) пор. Действительно, значения этих параметров наиболее однозначно изменяются с возрастом образцов (особенно, суммарная пористость), не уступая в этом отношении значениям количества связанной воды, характеризующим, в свою очередь, изменение степени гидратации цементов с продолжительностью твердения.

Таким образом, как следует из полученных данных, наиболее четко выраженным структурным параметром полиминерального цементного камня, закономерно изменяющимся в процессе твердения цементов, являются его суммарная пористость и, в несколько меньшей степени, объемное содержание крупных пор ($r > 10^2$ нм). Можно отметить, что относительное содержание в цементном камне самых мелких пор ($r < 10^2$ нм) может характеризовать “зрелость” цементного камня. Взаимосвязь же объема этих пор в цементном камне с возрастом и прочностью последнего проявляется не вполне однозначно. Вместе с тем, как видно из рис. 6, значения прочности при сжатии полиминерального камня весьма тесно коррелирует с величинами его суммарной пористости, содержанием крупных пор ($r > 10^2$ нм) и количеством связанной воды. Показательно, что разброс экспериментальных точек по оси ординат для этих трех зависимостей, обусловленный

различиями цементов по минеральному составу, в координатах “суммарная пористость – прочность при сжатии” является наименьшим. Это еще раз говорит о том, что важным критерием уровня прочности цементного камня из числа показателей его структурных свойств, является суммарная пористость. Таковой ее делают закономерные изменения объема и структуры пор цементного камня в целом в связи с составом, продолжительностью и, соответственно, условиями твердения цементов.

Авторами разработаны принципы регулирования процессов структурообразования применительно к строительным композитам, основанные на концепциях современного естествознания, законе сродства структур, которые заключаются в функциональной структурной иерархии, в выделении технической и технологической систем, формировании требований к создаваемым системам, нахождении свойств композитов, процедуры их оценки с целью определения управляющих воздействий и границ управления [7].

Авторами предлагается всё многообразие современных портландцементов разделить на 4 группы (таблица 3). Выявлен характер закономерности формирования поровой структуры цементного камня и бетона в зависимости от минерального состава цементов: установлено, что суммарная пористость, содержание макроскопических и капиллярных пор мало зависит от минерального состава цементов, тогда как образование наноразмерных пор очень чувствительно к содержанию алита и алюмината; по характеру восприимчивости поровой структуры к минеральному составу предложено разделить цементы на 4 типа (таблица 3); минимальным содержанием наноразмерных пор отличается цементный камень 2-го типа (белитоалюмоферритный); механическая прочность цементного камня и бетона с различным содержанием связанной воды, суммарной пористости и крупных пор мало чувствительна к минеральному составу цемента; в наибольшей степени механическая прочность зависит от содержания нанопор. Особенно это относится к цементу 2-го типа. Остальные 3 типа цемента можно объединить в одну группу со сходным характером взаимосвязи между механической прочностью цементного камня и содержанием нанопор (рис. 6).

Таблица 3 – Классификация цементов по содержанию клинкерных минералов

Наименование клинкера	Номер цемента	Минералогический состав, %			
		C ₃ S	β-C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
Алитовый низкоалюминатный	1	63	15	4	13
Белитовый низкоалюминатный	2	24	57	4	12
Белитовый высокоалюминатный	3	19	61	12	13
Алитовый высокоалюминатный	4	63	11	10	13

Таким образом, можно считать, что структурные мотивы продуктов твердения силикатов кальция (в первую очередь C₃S) являются определяющими при твердении полиминеральных цементов. В то же время остальные минералы клинкера оказывают значительное (в том числе, взаимное) влияние на процесс структурообразования и параметры конечной структуры затвердевшего цементного камня. Реализация концепции проектирования строительных композитов будущего позволит создать высокопрочные бетоны, повысить эффективность строительных композитов в условиях любого климата и новое направление геоника (геомиметика), являющееся фундаментальной базой материаловедения будущего, призвано оптимизировать систему «человек-материал-среда обитания».

Библиографический список

1. Лесовик, В.С. Генетические основы энергосбережения в промышленности строительных материалов / В.С. Лесовик // Изв. вузов. Строительство. – 1994. – № 7, 8. – С. 96–100.
2. Lesovik, W.S. Zum Problem der Forchung des System Mensch-Stoff-Umwelt / W.S. Lesovik, A.M. Gridchin. – 12. Ibaus. Internationale Baustofftagung. Weimar, 1994.
3. Лесовик, В.С. Снижение энергоемкости производства строительных материалов за счет использования энергетики геологических и техногенных процессов / 18. Ibaus. Internationale Baustofftagung. Weimar, 2012.
4. Геоника. Предмет и задачи: монография / В.С. Лесовик. – 2-е изд., доп. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 219 с.
5. Geonics. Subject and objectives / V.S. Lesovik. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 100 р.
6. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении: монография / В.С. Лесовик. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. – 196 с.
7. Лесовик В.С. Управление структурообразованием строительных композитов: монография / В.С. Лесовик, И.Л. Чулкова. – Омск: СибАДИ, 2011. – 420 с.
8. Чулкова, И.Л. Структурообразование строительных композитов на основе принципа сродства структур / И.Л. Чулкова // Вестник СибАДИ. – 2012. – № 6. – С.83-88.

9. Чулкова, И.Л. Твердение и свойства водных суспензий цементных минералов под влиянием суперпластификаторов / И.Л. Чулкова, В.С. Лесовик, Г.И. Бердов // Всероссийская конференция «Современные проблемы производства и использования композиционных строительных материалов» НГАСУ (СибСТРИН), посвященная 100-летию юбилею профессора Г.И. Книгиной и 80-летию юбилею профессора В.М. Хрулева: сб. науч. статей. – Новосибирск: НГАСУ (СибСТРИН), 2009. – С. 46-49.

10. Чулкова, И.Л. Известково-реставрационные композиты / И.Л. Чулкова // Вестник СибАДИ. – 2012. – № 5. – С.71-77.

11. Волженский, А. В. Влияние дисперсности портландцемента и В/Ц на долговечность камня и бетона / А. В. Волженский // Бетон и железобетон. – 1990. – № 10. – С. 16-17.

12. Несветаев, Г.В. Влияние некоторых гидрофобизирующих добавок на изменение прочности цементного камня / Г.В. Несветаев, А.В. Козлов, И.А. Филонов // ИВД. 2013. №2 (25). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-nekotoryh-gidrofobiziruyuschih-dobavok-na-izmenenie-prochnosti-tsementnogo-kamnya>.

13. Волженский, А.В. Влияние низких водоцементных отношений на свойства камня при длительном твердении / А.В. Волженский, Т.А. Карпова // Строительные материалы. – 1980. – № 7. – С. 18–20.

14. Иноземцев, А.С. Средняя плотность и пористость высокопрочных легких бетонов / А.С. Иноземцев // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – № 7 (51). – С. 31-37.

THE INFLUENCE OF MATERIAL COMPOSITIONS ON FORMING THE STRUCTURE OF BUILDING COMPOSITES

V. S. Lesovik, I. L. Chulkova

Abstract. There is carried out an analysis of structure formation's influence during solidification of cements. There is shown a role of composition and properties of cements on forming the structural parameters of cement stone, which determine its performance characteristics. There is ascertained an effect of the capillary-porous structure on the properties of clinker minerals and cements. The authors have developed an algorithm of controlling the processes of structure formation during creation of smart composites.

Keywords: clinker minerals, cements, structure formation, chemical and mineral compositions,

porosity of building composites, geonics, technogeneus metasomatism.

References

1. Lesovik V.S. Geneticheskie osnovy jenergosberezhenija v promyshlennosti stroitel'nyh materialov [Genetic basics of energy saving in building materials' industry]. *Izv. vuzov. Stroitel'stvo*, 1994, no 7, 8. – pp. 96 –100.

2. Lesovik W.S., Gridchin A.M. Zum Problem der Forchung des Sistem Mensch-Stoff-Umwelt. 12. Ibaus. Internationale Baustofftagung. Weimar, 1994.

3. Lesovik V.S. Snizhenie jenergoemkosti proizvodstva stroitel'nyh materialov za schetispol'zovanija jenergetiki geologicheskikh i tehnogennyh processov [Reduction of energy intensity of building materials' production using energy of geological and technogeneus processes]. 18. Ibaus. Internationale Baustofftagung. Weimar, 2012.

4. Geonika. Predmet i zadachi: monografija. V.S. Lesovik. [Geonics. The subject and tasks: monograph]. Belgorod: IZD-VO BGTU, 2012. 219 p.

5. Geonics. Subject and objectives. [Geonics. Subject and objectives]. V.S. Lesovik. Belgorod: IZD-VO BGTU, 2012. 100 p.

6. Geonika (geomimetika). Primery realizacii v stroitel'nom materialovedenii: monografija. V.S. Lesovik. [Geonics (geomimetic). Examples of realization in building materials science: monograph]. Belgorod: IZD-VO BGTU, 2014. 196 p.

7. Lesovik V.S., Chulkova I.L. Upravlenie strukturoobrazovaniem stroitel'nyh kompozitov: monografija. [Controlling structure formation of building composites: a monograph]. Omsk: SibADI, 2011. 420 p.

8. Chulkova I.L. Strukturoobrazovanie stroitel'nyh kompozitov na osnove principa srodstva struktur [Structure formation of building composites based on the principle of structures' affinity]. *Vestnik SibADI*, 2012, no 6. pp.83-88.

9. Chulkova I.L. Lesovik V.S., Berdov G.I. Tverdenie i svojstva vodnyh suspenzij cementnyh mineralov pod vlijaniem superplastifikatorov / I.L. Chulkova, [Hardening and properties of aqueous suspensions of cement minerals under the influence of superplasticizers]. Vserossijskaja konferencija «Sovremennye problemy proizvodstva i ispol'zovanija kompozicionnyh stroitel'nyh materialov» NGASU (SIBSTRIN), posvjashhennaja 100-letnemu jubileju professora G.I. Kniginoj i 80-letnemu jubileju professora V.M. Hrileva: sb. nauch. statej. – Novosibirsk: NGASU (Sibstrin), 2009. pp. 46-49.

10. Chulkov I.L. Izvestkovo-restavracionnye kompozity [Lime-restorative composites]. *Vestnik SibADI*, 2012, no 5. pp.71-77.

11. Volzhenskij A. V. Vlijanie dispersnosti portlandcementsa i V/C na dolgovechnost' kamnja i betona [Effect of portland cement's dispersion and water-cement ratio on the durability of stone and concrete]. *Beton i zhelezobeton*, 1990, no 10. pp. 16, 17.

12. Netsvetaev G. V., Kozlov, A. V., Filonov, I. A. Vlijanie nekotoryh gidrofobizirujushhih dobavok na izmenenie prochnosti cementnogo kamnja [Influence of some waterproofing admixtures on changing the strength of cement stone] *IVD*, 2013, no. 2 (25). Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie- nekotoryh-gidrofobiziruyuschih-dobavok-na- izmenenie-prochnosti-tsementnogo-kamnya>.

13. Volzhensky A. V., Karpov T.A. Vlijanie nizkikh vodocementnyh otnoshenij na svojstva kamnja pri dlitel'nom tverdenii [Effect of low water-cement ratios on the stone's properties with a long hardening]. *Stroitel'nye materialy*, 1980, no 7. P. 18-20.

14. Inozemtsev A. Srednjaja plotnost' i poristost' vysokoprochnykh legkikh betonov [The average density and porosity of high strength lightweight concretes]. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*, 2014, no 7 (51). pp. 31-37.

Лесовик Валерий Станиславович (Россия, г. Белгород) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительное материаловедение, изделий и конструкций» ФГБОУ ВПО БГТУ им. В.Г.Шухова, член-корреспондент РААСН, вице-президент Ассоциации ученых и специалистов в области строительного материаловедения, действительный член Международной академии минеральных ресурсов, действительный член Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Специалист в области материаловедения (308012, г. Белгород, ул. Костюкова 46 naukavs@mail.ru).

Чулкова Ирина Львовна (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Строительные материалы и специальные технологии» ФГБОУ ВПО СибАДИ (644080, г. Омск, пр. Мира, 5 e-mail: chulkova_il@sibadi.org).

Lesovik Valeriy Stanislavovich (Russian Federation, Belgorod) – doctor of technical sciences, professor, the head of the department "Construction materials science, products and structures" of BGT named after V.G. Shukhov, the corresponding member of The Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, the vice-president of Association of scientists and experts in the field of construction materials science, a member of the International academy of mineral resources, a member of the International academy of sciences of ecology, health and safety. The expert in the field of materials science (308012, Belgorod, Kostyukov St. of 46 naukavs@mail.ru).

Chulkova Irina Lvovna (Russia, Omsk) – doctor of technical sciences, professor, head of the department "Construction materials and special technologies" of The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, 5 Mira st., e-mail: e-mails:chulkova_il@sibadi.org).