

## REFERENCES

1. Bazhenov Yu. M. *Tekhnologiya betona* [Technology of concrete]. Moscow: Izd-vo ASV, 2003, 500 p (in Russian).
2. Sychev M. M. *Tverdenie vyazhushchikh veshchestv* [Hardening binders]. Leningrad: Stroyizdat, 1974, 80 p (in Russian).
3. Larionova Z. M., Nikitina L. V., Garashin V. R. *Fazovyy sostav, mikrostruktura i prochnost' tsementnogo kamnya i betona* [Phase composition, microstructure and strength of cement stone and concrete]. Moscow: Stroyizdat, 1977, 319 p (in Russian).
4. Pal'm S., Myuller K. Increase the strength and durability of cements with a high content of limestone. *Tsement i ego primeneniye*, 2013, no. 2, pp. 36–39 (in Russian).
5. GOST 31108-2003. *Tsementy obshchestroitel'nye. Tekhnicheskie usloviya* [Cements for general construction. Specifications]. Vved. 2004-09-01. Moscow: FGUP TsPP, 2004, 20 p (in Russian).
6. Babich M. V., Kiryaeva E. E. Limestone additive in cement. *SEPROTsEM. Stat'i* [Electronic resource]. Kharkov, 2012. URL: <http://ceprocem.com.ua> (accessed 12.02.2015) (in Russian).
7. *Research: Market-oriented CEM II Cements. VDZ-Mitteilungen* [Electronic resource]. Düsseldorf, 2002, no. 119. URL: <http://www.vdz-online.de> (accessed 17.05.2015).
8. *Research: Market-oriented CEM II Cements. VDZ-Mitteilungen* [Electronic resource]. Düsseldorf, 2011, no. 147. URL: <http://www.vdz-online.de> (accessed 17.05.2015).

## МОДИФИКАТОР НА ОСНОВЕ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩЕЙ ПОРОДЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

***Т. В. Кузнецова, РХТУ им. Д. И. Менделеева, г. Москва;***

***А. А. Гувалов, С. И. Аббасова, Азербайджанский***

***архитектурно-строительный университет, г. Баку, Азербайджан***

**Ключевые слова:** модификатор, наполнитель, гидратация, гидросиликаты, высокопрочный бетон  
**Key words:** modifier, filler, hydration, hydrosilicates, high-strength concrete

Современные тенденции в области бетоноведения направлены на разработку и внедрение технологий, обеспечивающих получение бетонов с высокими эксплуатационными характеристиками [1–3]. Для этого требуются новые подходы к разработке составов бетонов с применением эффективных химических модификаторов, активных минеральных добавок, наполнителей различной природы и фракционного состава с содержанием высокодисперсных минеральных частиц.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований установлена возможность получения эффективных композиционных вяжущих на основе минеральной добавки алюмосиликатного состава и суперпластификатора.

В данной работе исследована возможность использования многокомпонентной композиции, состоящей из кремнезем- и алюмосодержащих материалов различного происхождения в комплексе с химическими модификаторами, для получения бетонов с высокими показателями набора прочности. В качестве активной минеральной добавки для цементных композитов применяли цеолитсодержащую породу Айдагского месторождения (Таузский район Азербайджана), представляющую собой сырье алюмосиликатного состава вулканического происхождения. Водоредуцирующей добавкой служил суперпластификатор САС на основе олигомера, получаемый с использованием смесей полициклических ароматических углеводов [4].

Соотношение компонентов добавки назначали исходя из общих экспериментально-теоретических положений:

<b>Компоненты</b>	<b>Содержание, мас. %</b>
Портландцемент ЦЕМ I 42,5Н .....	45,0
Цеолитсодержащая порода .....	36,9
Микрокремнезем .....	15,0
Суперпластификатор САС .....	3,0
Гидрофобизатор «Пента-811» .....	0,1

Добавку получали путем совместного помола всех сырьевых компонентов в лабораторной мельнице до удельной поверхности  $8000 \text{ см}^2/\text{г}$ . Эффективность добавки оценивали посредством сравнения предела прочности при сжатии стандартных образцов тяжелого бетона с введенной добавкой (состав 2) и образцов бетона контрольного состава без добавки (состав 1) в различные сроки твердения.

Подбор составов бетона производили в соответствии с требованиями ГОСТ 27006-86 на портландцементе ЦЕМ I 42,5 Н ООО «Газакский цементный завод». При приготовлении бетонных смесей в качестве заполнителей использовали речной щебень из Губинского района Азербайджана марки М1200 фракций 5–10 и 10–20 мм, бахрамтепинский речной песок с  $M_{кр} = 2,25$ , а также отсеvy камнедробления материалов реки Гудяльчай. Составы подбирали расчетно-экспериментальным способом при условии равной подвижности бетонных смесей (табл. 1). Образцы хранили в камере нормального твердения при температуре  $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  и влажности более 90%.

Т а б л и ц а 1

**Составы цементных бетонов**

Состав	Содержание компонентов, $\text{кг}/\text{м}^3$						Количество введенной добавки, % от массы цемента (кг)
	цемент	песок	отсевы камнедробления	щебень фракции 5–10 мм	щебень фракции 10–20 мм	вода	
1	320	510	400	410	600	165	–
2	320	510	400	410	600	150	10(32)

Предел прочности при сжатии определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-90 на стандартных образцах-кубах размером  $150 \times 150 \times 150 \text{ мм}$  в возрасте 1, 3, 7 и 28 сут (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

**Физико-механические характеристики образцов**

Сроки твердения, сут	Средняя прочность образцов, МПа		Класс и марка бетона	
	состав 1	состав 2	состав 1	состав 2
1	7,8	11,5	В22,5 (М300)	В40 (М500)
3	15,1	28,5		
7	25,4	43,0		
28	36,8	56,0		

Результаты испытаний образцов свидетельствуют о том, что бетоны, изготовленные с использованием добавки многокомпонентного состава, характеризуются достаточно высокими прочностными показателями, а также ускоренной кинетикой набора прочности по сравнению с образцами бетона без добавки.

Кинетика набора прочности таких систем определяется комплексным воздействием органоминеральной композиции на стадии структурообразования системы с повышением степени гидратации минералов цементного клинкера и смещением баланса фазообразования в сторону увеличения содержания низкоосновных гидросиликатов кальция типа CSH(1) и уменьшения объема первичных кристаллогидратов портландита в результате взаимодействия с реакционным кремнеземом минеральной составляющей добавки [5–7].

По данным рентгенофазового анализа разработанного органоминерального комплекса, совместное присутствие цеолитсодержащей породы и суперпластификатора САС приводит к почти двукратному увеличению количества слабозакристаллизованных фаз и дополнительному образованию низкоосновных гидросиликатов кальция. При этом оказывается воздействие на фазовую структуру камня, усложняется структура цементного геля и увеличивается его объем. Существенное расширение диапазона углов присутствия слабозакристаллизованных фаз положительно сказывается на повышении прочностных показателей. Это следует рассматривать как признак изменения структуры цементного геля. Данный эффект объясняется связыванием свободного гидроксида кальция, что подтверждается результатами дифференциально-термического анализа.

Таким образом, можно сделать вывод о целесообразности применения многокомпонентного органоминерального комплекса не только для производства эффективных ресурсосберегающих вяжущих, но и в качестве добавки при получении бетонных смесей с высокими

темпами набора прочности. При этом одновременно решается несколько проблем: обеспечивается ресурсо- и энергосбережение, снижается себестоимость композиционных вяжущих, уменьшаются затраты при производстве бетонных и железобетонных изделий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Каприелов С. С., Шейнфельд А. В., Кривобородов Ю. Р. Влияние структуры цементного камня с добавками микрокремнезема и суперпластификатора на свойства бетона // Бетон и железобетон. – 1992. – № 7. – С. 4–7.
2. Получение и свойства цеолитсодержащих цементов / Т. В. Кузнецова, Е. Н. Потапова, А. С. Горелик [и др.] // Цемент и его применение. – 1988. – № 10. – С. 13–14.
3. Гувалов А. А., Кузнецова Т. В. Управление сохраняемостью подвижности бетона регулированием состава модификатора // Техника и технология силикатов. – 2012. – Т. 19, № 1. – С. 7–10.
4. Гувалов А. А. Управление структурообразованием цементных систем с полифункциональными суперпластификаторами // Техника и технология силикатов. – 2011. – Т. 18, № 3. – С. 24–27.
5. Батраков В. Г. Модификаторы бетона: новые возможности и перспективы // Строительные материалы. – 2006. – № 10. – С. 4–7.
6. Гувалов А. А., Кузнецова Т. В. Органоминеральные добавки на основе вулканического пепла Джейранчельского месторождения // Технологии бетонов. – 2013. – № 1. – С. 39–41.
7. Гувалов А. А., Кабусь А. В., Ушеров-Маршак А. В. Влияние органоминеральной добавки на раннюю гидратацию цемента // Строительные материалы. – 2013. – № 9. – С. 94–95.

## REFERENCES

1. Kaprielov S. S., Sheinfel'd A. V., Krivoborodov Yu. R. Influence of cement stone structure with additives of silica fume and superplasticizer on concrete properties. *Beton i zhelezobeton*, 1992, no. 7, pp. 4–7 (in Russian).
2. Kouznetsova T. V., Potapova E. N, Gorelik A. S., et al. Preparation and properties of zeolite cements. *Tsement i ego primeneniye*, 1988, no. 10, pp. 13–14 (in Russian).
3. Guvalov A. A., Kouznetsova T. V. Management of preserving mobility of concrete regulation of composition modifier. *Tekhnika i tekhnologiya silikatov*, 2012, vol. 19, no. 1, pp. 7–10 (in Russian).
4. Guvalov A. A. Management formation structure of cement systems with multifunctional superplasticizers. *Tekhnika i tekhnologiya silikatov*, 2011, vol. 18, no. 3, pp. 24–27 (in Russian).
5. Batrakov V. G. Concrete modifiers: new opportunities and prospects. *Stroitel'nye materialy*, 2006, no. 10, pp. 4–7 (in Russian).
6. Guvalov A. A., Kouznetsova T. V. Organomineral additives based on volcanic ash of the Dzheyranchelsky deposit. *Tekhnologii betonov*, 2013, no. 1, pp. 39–41 (in Russian).
7. Guvalov A. A., Kabus' A. V., Usherov-Marshak A. V. Influence of organomineral additive on early hydration of cement. *Stroitel'nye materialy*, 2013, no. 9, pp. 94–95 (in Russian).

## ВЛИЯНИЕ ОТХОДОВ УГЛЕБОГАЩЕНИЯ НА ПОРИСТОСТЬ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕЖСЛАНЦЕВОЙ ГЛИНЫ

**Е. С. Абдрахимова, Самарский государственный аэрокосмический университет; В. З. Абдрахимов, Самарский государственный экономический университет**

**Ключевые слова:** теплоизоляционный материал, шламы флотационного углеобогащения, межсланцевая глина, обжиг, плотность, теплопроводность

**Key words:** heat-insulating material, slimes flotation coal enrichment, interslate clay, roasting, density, heat conductivity

Топливо-энергетический комплекс принадлежит к числу основных «загрязнителей» окружающей природной среды. На его долю приходится 48% всех выбросов в атмосферу, 36% всех сбросов сточных вод и 30% всех твердых отходов [1, 2].