

Рахимбаев Ш. М., д-р техн. наук, проф.,

Половнева А. В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ВЛИЯНИЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ НА СВОЙСТВА МЕЛКОЗЕРИСТОГО БЕТОНА

Polovnev4ik@yandexl.ru

Изучено влияние ряда новых модифицированных добавок электролитов на свойства цементного теста. Рассмотрено комплексное действие добавок электролитов и суперпластификатора С-3 на свойства цементного теста. Изучено влияние добавок на физико-механические характеристики мелкозернистого бетона твердевшего в пропарочной камере по режиму 2+6+2 при пониженной температуре тепловой обработки 40 °С

**Ключевые слова:** электролиты, добавки – ускорители схватывания и твердения, сроки схватывания, мелкозернистый бетон.

В производстве бетонных и железобетонных изделий и конструкций часто встает вопрос об ускоренном наборе прочности изделий [1]. В современном строительстве для интенсификации строительного процесса часто используют добавки ускорители твердения бетона. В большинстве случаев специалисты в области строительного материаловедения уделяют мало внимания срокам схватывания цементных систем, хотя это важный показатель. В последние годы стали появляться работы, посвященные этому вопросу [2, 3].

Для регулирования сроков схватывания применяют добавки электролитов и органических соединений. Из органических добавок – ускорителей схватывания особенно сильным действием обладают пирокатехин, пирогаллол, кверцетин, морин [4, 5]. Среди неорганических часто находят применение такие добавки, как натрий серноокислый, нитрит-нитрат кальция, и др. На современном строительном рынке появились новые добавки ускорители для бетонов, такие как СА (сульфат алюминия), СН (сульфат натрия), Мотбет-1, Мотбет-3, Rapid и др. Их действие подробно рассмотрено в работе [3].

Наибольшее применение среди добавок ускорителей твердения нашли электролиты. Они относятся к добавкам первого класса [6]. Электролиты – ускорители твердения (CaCl<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и другие) увеличивают концентрацию ионов

кальция Ca<sup>2+</sup> в жидкой фазе цементных систем. При этом в условиях высокого пересыщения ионов, входящих в состав основного связующего цементного камня – гидросиликатов кальция – формируется максимальное количество связей между частицами, поэтому, чем выше растворимость кальциевой соли, тем сильнее она повышает прочность камня [7]. Изменение pH растворов электролитов и содержание в них ионов Ca<sup>2+</sup> при взаимодействии с алюминатными клинкерными минералами подробно изучено в работе [8].

Однако следует учесть отрицательное действие электролитов на арматуру, закладные детали и др. В последние годы, в связи с отрицательным действием ионов хлора на стойкость арматуры, CaCl<sub>2</sub>, NaCl практически не используются. В связи с этим актуальна проблема поиска новых химических добавок, в том числе неорганических электролитов, не содержащих ионов хлора [7].

В данной работе было изучено влияние новых модифицированных добавок: натрий хлорноватокислый(М), калий серноокислый(М), натрий серноокислый(М) на свойства цементного теста и мелкозернистого бетона. В работе были использованы цементы двух цементных заводов Белгородского (Цем I) и Себряковского (Цем II). Минеральный состав цемента приведен в таблице 1.

Таблица 1

Минеральный состав цемента

цемент	Содержание главных оксидов, %					Содержание основных минералов, %			
	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
Белгородский завод	64,06	20,13	5,47	3,69	3,26	66,3	7,6	9	11,1
Себряковский завод	62,91	21,32	5,14	3,67	3,21	54,7	19,7	8,2	9,8

Было изучено влияние добавок на нормальную плотность, сроки схватывания цементного теста, водопотребность и прочностные характеристики мелкозернистого бетона.

Определение сроков схватывания и нормальной плотности цементного теста проводилось по ГОСТ 310.3-76. Добавки вводились в количестве 0,5-1,5%. Результаты исследований приведены в таблице 2.

Таблица 2

## Сроки схватывания цементного теста

№	Добавка	Дозировка, %	В/Ц отношение	Начало схватывания, мин	Интервал, мин	Конец схватывания, мин
<b>Белгородский завод</b>						
1	–	–	0,26	121	93	214
2	Натрий хлорноватоокислый (М)	0,5	0,26	124	56	180
3	натрий хлорноватоокислый (М)	1	0,26	113	46	159
4	калий серноокислый (М)	0,5	0,26	159	56	215
5	натрий серноокислый (М)	0,5	0,26	146	76	222
<b>Себряковский завод</b>						
1	–	–	0,26	112	77	186
2	натрий хлорноватоокислый (М)	0,5	0,26	125	43	168
3	натрий хлорноватоокислый (М)	1	0,26	119	60	179
4	калий серноокислый (М)	0,5	0,26	134	46	180
5	натрий серноокислый (М)	0,5	0,26	131	38	169

Из таблицы видно, добавки не оказывают влияние на водопотребность цементного теста.

При вводе добавки натрий хлорноватоокислый (М) сроки схватывания уменьшаются до 25% по сравнению с чистым цементом. При этом, очевидно, срок «живучести» цементного теста остается неизменным, так как сроки схватывания уменьшаются за счет сокращения времени конца схватывания.

Добавка калий серноокислый (М) позволяет увеличить время начала схватывания на 30% и 20% белгородского и себряковского цементов соответственно, по сравнению с чистыми це-

ментами. При этом интервал между началом и концом схватывания сокращается на 40%. Натрий серноокислый (М) обладает примерно таким же действием: начало схватывания увеличивается на 20%, а интервал уменьшается на 20% и 40% для белгородского и себряковского цементов соответственно.

Представляет практический интерес совместное действие электролитов с добавками пластификаторов. Было рассмотрено взаимодействие суперпластификатора С-3 с изучаемыми электролитами. Результаты исследований приведены в таблице 3.

Таблица 3

## Сроки схватывания цементного теста

№	Добавка	В/Ц отношение	Начало схватывания, мин	Интервал, мин	Конец схватывания, мин
<b>Белгородский цемент</b>					
	–	0,26	121	93	214
	С-3 (0,4%)	0,24	153	210	363
1	С-3 (0,4%) + натрий хлорноватоокислый (М) (0,5%)	0,24	69	269	338
2	С-3 (0,4%) + натрий хлорноватоокислый (М) (1%)	0,24	45	222	267
3	С-3 (0,4%) + калий серноокислый (М) (0,5%)	0,24	118	272	390
4	С-3 (0,4%) + натрий Серноокислый (М) (0,5%)	0,24	106	274	380
<b>Себряковский цемент</b>					
	–	0,26	112	77	186
	С-3 (0,4%)	0,24	80	212	292
5	С-3 (0,4%) + натрий хлорноватоокислый (М) (0,5%)	0,24	61	335	396
6	С-3 (0,4%) + натрий хлорноватоокислый (М) (1%)	0,24	44	372	416
7	С-3 (0,4%) + калий серноокислый (М) (0,5%)	0,24	111	315	426
8	С-3 (0,4%) + натрий серноокислый (М) (0,5%)	0,24	99	300	399

Видно, что все добавки электролитов в смеси с пластификатором не оказывают влияния на нормальную густоту цементного теста в сравнении с чистым пластификатором. Можно сказать, что добавки не оказывают влияния на пластифицирующее действие суперпластификатора С-3

Из таблицы видно, что смесь суперпластификатора С-3 и добавкой натрия хлорноватоокислый (М) дает обратное действие, значительно сокращается начало и увеличивается интервал схватывания. С увеличением дозировки добавки электролита обратное действие усиливается.

Совместное действие суперпластификатора С-3 и электролита калий серноокислый (М) и натрия серноокислый (М) не оказывают влияния

на начало схватывания по сравнению с чистым образцом при этом сроки схватывания увеличиваются в два раза.

При этом сроки схватывания удовлетворяют требованиям ГОСТ 31108-2003, за исключением С-3 (0,4%) + натрия хлорноватоокислый (М) (1%).

Также было изучено влияние данных электролитов на прочность мелкозернистого бетона. В качестве мелкого заполнителя использовался песок курского месторождения с модулем крупности 1.6. Состав образцов 1:3. Испытания проводились на тех же цементах по ГОСТ 310.4-81. Образцы твердели в камере ТВО по режиму 2+6+2 при пониженной температуре тепловой обработки 40 °С. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты испытания на прочность

№	Название добавки	дозировка	Прочность при сжатии, МПа
<b>Белгородский цемент</b>			
1	–	–	14,1
2	натрий хлорноватоокислый (М)	0,5	12,65
3	натрий хлорноватоокислый (М)	1	14,7
4	калий серноокислый (М)	0,5	13,1
5	натрий серноокислый (М)	0,5	18,5
<b>Себряковский цемент</b>			
6	–	–	10
7	натрий хлорноватоокислый (М)	0,5	11,2
8	натрий хлорноватоокислый (М)	1	12,2
9	калий серноокислый (М)	0,5	9,8
10	натрий серноокислый (М)	0,5	10,5

Из результатов исследований видно, что исследуемые добавки с белгородским цементом не оказали значительного влияния на прочность при сжатии мелкозернистого бетона. Исключением является натрий серноокислый (М), который привел к увеличению прочности на 30% по сравнению с чистым цементом. Совместно с

себряковским цементом добавки дают прирост прочности.

При помощи рентгеновской станции ARL 9900X-ray WorkStation Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова был проведен рентгено-фазовый анализ цементного камня с изучаемыми добавками и без них результаты приведены на рис. 1–5.

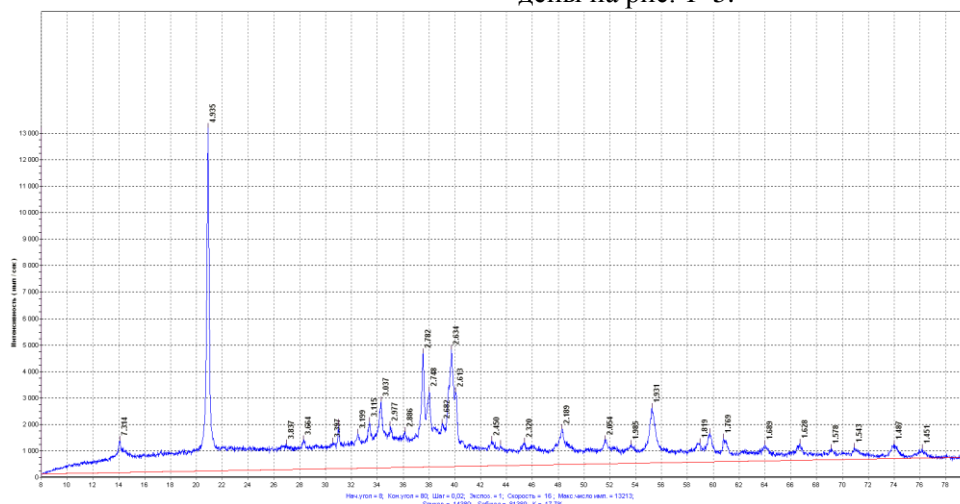


Рис. 1. Рентгенограмма цементного камня себряковского завода

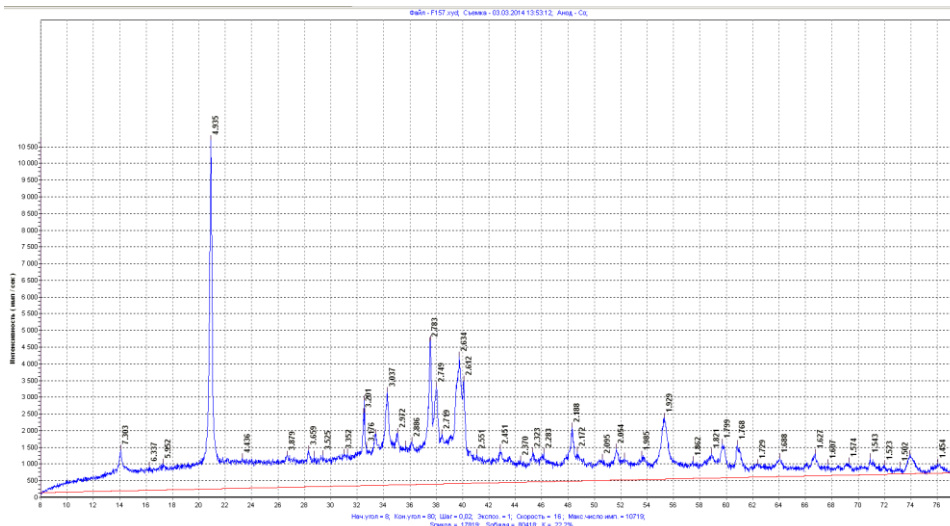


Рис. 2. Рентгенограмма цементного камня себряковского завода с добавкой калий серноокислый (М) 0,5%

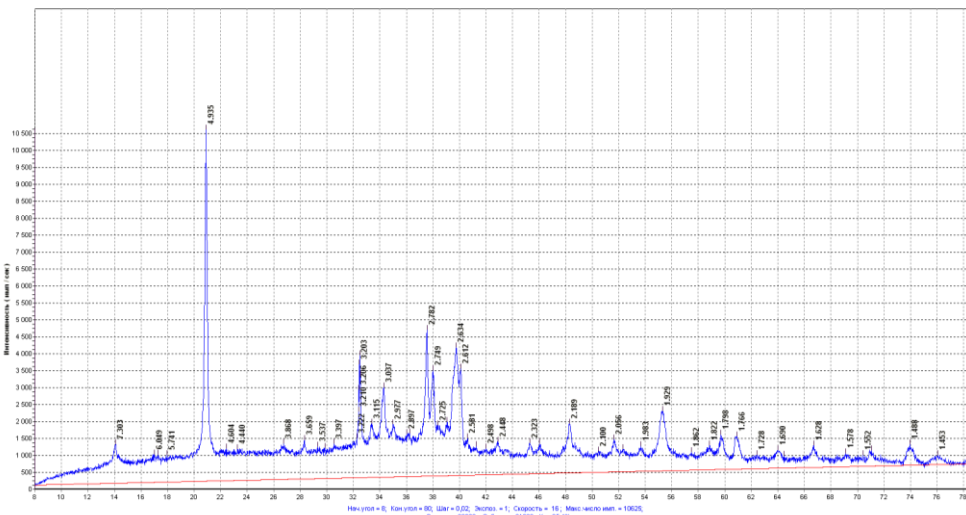


Рис. 3. Рентгенограмма цементного камня себряковского завода с добавкой натрий серноокислый (М) 0,5%

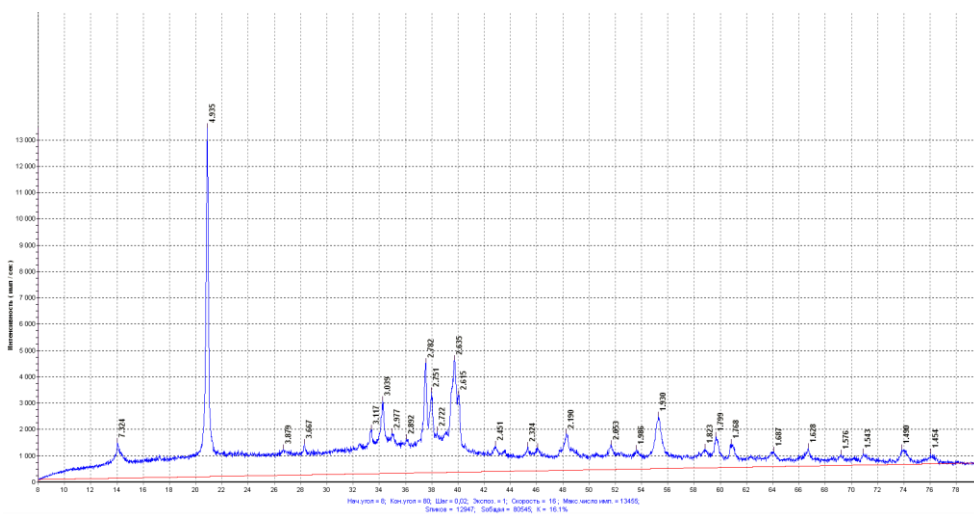


Рис. 4. Рентгенограмма цементного камня себряковского завода натрий хлорноватоокислый (М) 0,5%.

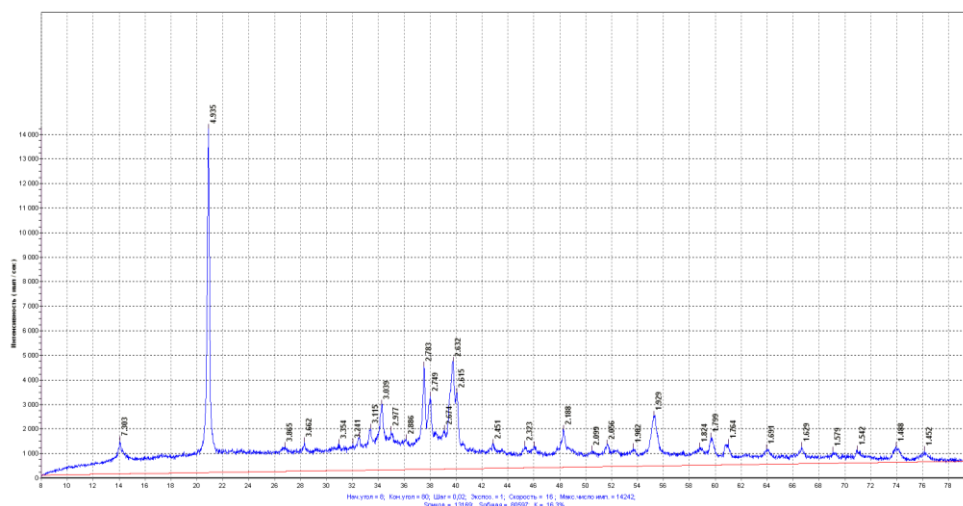


Рис. 5. Рентгенограмма цементного камня себряковского завода натрий хлорноватокислый (М) 1%

Анализ показал, что при вводе добавки калий сернокислый (М) уменьшается степень образования портландита, интенсивность пика 4,93 Å уменьшилась с 13500 до 11000 единиц по сравнению с чистым цементным камнем. Замедляется гидратация алюминатной фазы. Судя по остаточной интенсивности пика алит+белит 2,78 Å и 2,634 Å, скорость гидратации этих минералов увеличивается.

При вводе добавки натрий сернокислый(М) пик моносульфатной формы гидроалюмината кальция 7,31 Å уменьшается с 1500 до 1350 единиц, следовательно несколько замедляется гидратация алюминатных и алюмоферритных фаз.

При вводе добавки натрий хлорноватокислый (М) показатель интенсивности портландита 4,93 Å увеличивается с 13000 до 14500 единиц, следовательно, улучшаются условия для его образования.

Обобщая вышесказанное, можно отметить, что добавка натрий хлорноватокислый (М) может быть применена как ускоритель схватывания цементных систем, при этом ее положительной особенностью является то, что период «живучести» смеси остается неизменным. Добавки натрий сернокислый (М) и калий сернокислый (М) обладают приблизительно одинаковым действием. Они увеличивают время начала схватывания, а его конец остается неизменным. Следовательно данные добавки можно использовать в качестве регуляторов сроков схватывания.

Исследуемые добавки совместно с суперпластификатором С-3 оказывают обратное действие на сроки схватывания. При этом изучаемые электролиты не снижают пластифицирующего действия С-3.

Исследуемые добавки в ряде случаев увеличивают прочность мелкозернистого бетона, что обусловлено ускорением гидратации клинкер-

ных минералов. Положительный эффект новой добавки натрий хлорноватокислый (М) выше чем других особенно на себряковском цементе.

Таким образом, исследуемые добавки представляют практический интерес, так как их использование позволит ускорить твердение изделий и увеличить оборачиваемость форм на заводах ЖБИ и стройиндустрии, что приведет к экономии материальных ресурсов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов Ю.М. Технология бетона // М.: Изд-во АВС, 2003. 500 с.
2. Брыков А.С., Васильев А.С. Ускорители схватывания и твердения для торкрет-бетонов // Цемент и его применение. 2012. №3. С.112–114.
3. Изотов В.С., Ибрагимов Р.А. Влияние добавок – ускорителей твердения на свойства тяжелого бетона // Строительные материалы 2010. №3. С. 35–37.
4. Рахимбаев Ш. М. Регулирование технических свойств тампонажных растворов // Ташкент: Наука, 1976. 224с.
5. Рахимбаев Ш.М., Баш С.М. К вопросу о влиянии органических веществ на срок схватывания портландцемента // Журнал прикладной химии. М. №12. 1968. С. 43–51.
6. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. М.: Стройиздат. 1989 – 188 с.
7. Рахимбаев Ш.М., Сердюкова А.А. О механизме действия ускорителей схватывания и твердения цементной матрицы бетона // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №2. С. 26-28.
8. Бердов Г.И., Ильина Л.В. Взаимодействие алюминатных клинкерных минералов с водными растворами электролитов // Известия вузов. Строительство. 2012. №9. С. 13–19.