

## **АКТИВИРОВАННАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ И МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ВОДА ЗАТВОРЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ БЕТОНОВ С УЛУЧШЕННОЙ СТОЙКОСТЬЮ**

БАЛАТХАНОВА Э.М., ВЕТЧИННИКОВА Т.А., ЕМЕЛЬЯНОВ Д.В.,  
СЕДОВА А.А., ОСИПОВ А.К., ЕРОФЕЕВ В.Т.<sup>(1)</sup>

Развитие строительной области на современном этапе характеризуется появлением новых материалов и конструкций. Несмотря на разработку строительных материалов, и изделий на полимерных и других связующих, одним из самых динамичных среди рынков строительных материалов является рынок потребления бетонов на основе цементного связующего. В этой связи разработка эффективных композиционных материалов и изделий на цементных связующих, обеспечивающих улучшение их эксплуатационных показателей (повышение стойкости в условиях воздействия климатических и биологических факторов) и снижение материалоемкости, является важной задачей в области строительного материаловедения. Их создание стало возможным благодаря применению различных наполнителей и активации вяжущих в процессе приготовления [1].

Одним из направлений в области совершенствования технологии приготовления бетонной смеси является активация сырьевых компонентов, в частности воды затворения. Существующие методы активации практически не требуют изменения основного технологического процесса приготовления бетонной смеси, однако существенно способствуют улучшению ее физико-механических (прочность, морозостойкость, водонепроницаемость), технологических (удобоукладываемость, перекачиваемость) и эксплуатационных свойств, а также позволяют управлять процессом твердения и снижать расход цемента. Таким образом, при сравнительно небольшом удорожании бетонных смесей существенно повышается эффективность использования бетонов [2].

Одним из перспективных направлений активации воды является совместная последовательная обработка электромагнитным и электрическим полем. Применение указанного способа способствует улучшению прочностных показателей цементных композитов, увеличению скорости процесса твердения, а также повышению их химической стойкости [1].

Подготовка активированной воды, воздействием электромагнитным и электрическим полями, может осуществляться в аппарате двухкамерного типа. Принцип работы аппарата заключается в создании, в одной из камер, переменного электромагнитного поля, а во второй переменного электрического поля, в межэлектродном пространстве обрабатываемой воды. Совокупность электрохимических реакций с магнитогидродинамическим эффектом в устройстве аппарата, дает возможность получать воду с заданными, необходимыми для успешного ее применения, параметрами активации [3].

Природная вода представляет собой раствор неорганических соединений. Применение указанного рода активации природной воды способствует образованию твердой фазы в ультрадисперсной форме наноразмерных объемов. Использование такой электроактивированной воды в процессах затворения, позволяет включить полученные частицы в работу в качестве своеобразных центров кристаллизации через образование гелевых структур с гидратированными компонентами цементов. Обработка (активация) воды магнитным полем приводит к взаимодействию поля с частицами, обладающими ферромагнитными свойствами (оксидные и гидроксидные соединения железа, генерируемые в ходе электрохимического окисления железа). Таким образом, выбрав источник природной воды с определенным химическим составом и ее последующей активации, можно целенаправленно регулировать физико-химические свойства воды затворения [4], [5], [6].

В качестве исследуемой, нами рассмотрена вода, взятая из разных природных источников с различным химическим составом (р. Аргун, артезианский источник «Артизан-Аргун», термальный источник «Серная»). Активация воды производилась по 3 режимам, шифры которых указаны в таблицах 1, 2, 3 и 4. Буквенное обозначение "Э+М" означает, что природная вода была подвержена совместной последовательной активации электрическим током (электрохимическая активация) и магнитным полем в рабочих зазорах аппарата. Цифровое обозначение соответствует выбранному режиму работы аппарата, которое характеризует силу тока (позицию переключателя) в цепи электролизера и обмотке намагничивающих катушек. Э+М (1-1) - активированная вода по режиму с плотностью тока  $j_{\max} = 5,65 \text{ A/m}^2$  в камере электрохимической активации и напряженностью электромагнитного поля  $H_{\max} = 24 \text{ кА/м}$  в рабочем зазоре камеры электромагнитной активации, Э+М (3-3) -  $j_{\max} = 22,58 \text{ A/m}^2$  и  $H_{\max} = 75 \text{ кА/м}$  соответственно. Э+М (6-6) -  $j_{\max} = 43,55 \text{ A/m}^2$  и  $H_{\max} = 135 \text{ кА/м}$  соответственно. Анализ воды включает следующие обязательные показатели: жесткость общую и карбонатную (ммоль·экв/л), свободную углекислоту  $[\text{CO}_2]^{\text{своб}}$  и железо  $\text{Fe}^{3+}$  (мг/л).

Результаты химического анализа воды затворения после обработки электрическим током и магнитным полем представлены в таблицах 1, 2 и 3.

Данные таблицы 1 свидетельствуют об изменениях жесткости воды. Показатель общей жесткости для типа воды Э+М (6-6) имеет наиболее низкое значение - 5 ммоль·экв/л по сравнению с другими типами. Наименьшее значение агрессивной углекислоты найдено в воде типа Э+М (6-6) 16,74 мг/л. С повышением силы тока и магнитного поля при всех режимах активации воды происходит снижение содержания свободной углекислоты, а также происходит снижение концентрации ионов железа (III) и повышение концентрации алюминия.

**Таблица 1.** Результаты химического анализа воды р. Аргун

Режим активации Э+М	Жесткость, ммоль- экв/л		Содержание, мг/л							Углекислота, мг/л		Окисляемость, мг O <sub>2</sub> /л
	общая	карбонатная	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Al <sup>3+</sup>	F <sup>-</sup>	свободная	агрессивная	
«О»	6,4	5,0	72,0	33,6	0,12	43,11	40,0	0,067	5,00	46,70	26,40	11,62
1-1	5,9	3,2	86,0	21,6	0,08	47,10	42,8	1,734	5,06	64,90	29,48	7,196
3-3	5,6	2,9	82,0	18,0	0,05	48,49	21,8	2,134	4,25	59,24	25,41	9,00
6-6	5,0	2,6	92,0	14,4	0,04	33,68	17,6	4,670	5,60	21,74	16,74	10,03

Результаты таблицы 2 показывают, что в воде, взятой из артезианского источника «Артизан-Аргун», по сравнению с водой из р. Аргун, наблюдается увеличение концентрации хлорид ионов и фторид ионов. В воде этого источника с повышением силы тока и магнитного поля при всех режимах активации происходит увеличение концентрации ионов алюминия.

**Таблица 2.** Результаты химического анализа воды артезианского источника «Артизан-Аргун»

Режим активации Э+М	Жесткость, ммоль- экв/л		Содержание, мг/л							Углекислот а мг/л		Окисляемость, мг O <sub>2</sub> /л
	общая	карбонатная	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Al <sup>3+</sup>	F <sup>-</sup>	свободная	агрессивная	
«О»	6,3	3,9	76,0	30,0	0,100	13,47	41,2	0,460	0,24	40,35	38,5	8,60
1-1	6,4	5,7	72,0	33,6	0,134	47,15	45,8	1,356	0,40	51,10	49,6	10,20
3-3	5,3	3,7	80,0	15,6	0,060	53,88	42,2	1,814	0,40	28,72	25,3	13,70
6-6	5,5	3,8	80,0	14,8	0,084	47,15	14,2	4,160	0,70	35,00	33,0	9,03

Природная вода термального источника «Серная» отличается от двух предыдущих. В ней сильно повышается общая жесткость, увеличивается концентрация сульфат ионов. Но уменьшается содержание ионов кальция и магния, а также хлорид ионов. Также по сравнению с водой из источников р. Аргун и «Артизан-Аргун» уменьшается значение агрессивной углекислоты, что благоприятно влияет на прочность цементных композитов. По сравнению с водой из первого источника уменьшается концентрация фторид ионов.

**Таблица 3.** Результаты химического анализа воды термального источника «Серная»

Режим активации Э+М	Жесткость, ммоль-экв/л		Содержание, мг/л							Углекислота, мг/л		Окисляемость, мг O <sub>2</sub> /л
	общая	карбонатная	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Al <sup>3+</sup>	F <sup>-</sup>	свободная	агрессивная	
«О»	22,4	8,0	12	2,4	0,14	0,76	85,8	0,56	0,10	15,80	11,80	4,08
1-1	10,5	5,6	52	3,6	0,04	2,24	80,0	1,48	1,25	17,24	13,35	3,42
3-3	20,7	1,0	20	2,4	0,06	1,12	68,6	2,80	1,00	28,29	13,80	4,90
6-6	22,3	1,1	12	6,0	0,08	0,80	71,4	5,30	0,60	33,54	28,60	3,26

Практическое применение активированной воды различной природы исследовали на цементных композитах. Нами были изготовлены партии цементных образцов с размером ребра 2 см. После чего выдерживали их для набора прочности в емкости с гидравлическим затвором. Прочность на сжатие композитов измеряли через 3, 7, 28 дней методом разрушения. Прочность на сжатие образцов, приготовленных с применением активированной воды затворения, рассчитывали по отношению к прочности образцов на «О» воде затворения. Значения относительной прочности цементных композитов после 3, 7, 28 дней выдержки представлены в таблице 4.

По результатам таблицы 4 следует, что химический состав воды коренным образом оказывает влияние на степень ее активации. При использовании активированной воды, взятой из р. Аргун в качестве воды затворения, прочность цементных композитов на ранних стадиях твердения значительно выше, чем у композитов на той же воде без применения электромагнитной и электрохимической обработки. Напротив, вода, взятая из артезианского источника «Артизан-Аргун» с последующей ее активацией, негативным образом оказывает влияние на прочность композитов. Цементный камень на активированной воде термального источника «Серная» показывает наилучшие прочностные показатели в течение всего рассматриваемого срока твердения. Такая вода наиболее благоприятна для ее последующей активации.

**Таблица 4.** Значения относительной прочности цементных композитов после 3, 7, 28 дней выдержки.

Режим активации Э+М	Относительная прочность композитов на основе актив. воды (р. Аргун), %			Относительная прочность композитов на основе актив. воды (Аргизан-Аргун), %			Относительная прочность композитов на основе актив. воды (Серная), %		
	3 суток твердения	7 суток твердения	28 суток твердения	3 суток твердения	7 суток твердения	28 суток твердения	3 суток твердения	7 суток твердения	28 суток твердения
1-1	+7,4	+17,9	+1,9	+9,7	0	-3,3	+46,7	+56,5	+44,7
3-3	+15,2	+7,5	+9,4	-7,4	-11,2	-6,0	+11,8	+27,4	+40,4
6-6	+4,1	+12,9	+3,1	-7,4	-3,6	-4,7	+23,6	+15,2	+9,8

Совместное действие электрического и магнитного поля различной интенсивности позволяет активно влиять на структуру образующихся дисперсных частиц и их активность, что позволяет ожидать активного воздействия электроактивированной воды на процессы, обеспечивающие качественные характеристики получаемых бетонных изделий. Использование данной технологии способствует улучшению их эксплуатационных свойств за счет образования мелкокристаллической, более плотной структуры цементного камня.

Таким образом, в результате проделанной работы обоснована возможность и целесообразность получения эффективных композиционных строительных материалов на основе воды затворения, активированной электромагнитным полем с применением современных приборов, что позволит предприятиям ЖБК снизить энерго- и материалоемкость и энергоёмкость производства с перспективой создания прогрессивных инновационных технологий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов, Ю.М., *Технология бетона: Учебное пособие для вузов по спец. "Производство строит. изделий и конструкций"*, 2-е изд., перераб., М.: Высш. школа, 1987, с.414.
2. Ерофеев В.Т., *Композиционные строительные материалы на активированной воде затворения*, Ерофеев В.Т., Митина Е.А., Матвиевский А.А., *Строительные материалы*, № 11, М., 2007, с.12-13.
3. Ерофеев В.Т., *Структурирование цементных композитов на активированной воде*, Ерофеев В.Т., Митина Е.А., Матвиевский А.А., *Новые энерго- и ресурсосберегающие наукоемкие технологии в производстве строительных материалов*, материалы Всерос. науч.-техн. конф., Пенза, 2007, с.74-76.

4. Ерофеев В. Т., *Применение активированной воды в технологии бетонов*, Ерофеев В.Т., Митина Е.А., Юдин В.А., Актуальные вопросы производства: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Саранск, 2005, с.356-358.
5. Классен В. И., *Омагничивание водных систем*, М.: Химия, 1982, с.296.
6. Бахар В. М., *Электрохимическая активация*, М.: ВНИИИМТ, 1992, с.627.

### **TÓM TẮT**

Bài báo cung cấp một số kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ hoạt hóa nước trộn bê tông bằng dòng điện và từ trường tới thành phần của nước đối với 3 nguồn nước và sự thay đổi độ bền nén của bê tông được chế tạo từ nước để trộn bê tông đã hoạt hóa, qua đó đặt vấn đề sử dụng việc hoạt hóa nước trộn bê tông bằng dòng điện và từ trường để tăng độ bền cho bê tông.

*Từ khóa: активированная вода, вода затворения электрический ток, магнитное поле, бетон*

*Nhận bài ngày 04 tháng 6 năm 2013*

*Hoàn thiện ngày 14 tháng 6 năm 2013*

*(1) Мордовский государственный университет, Саранск*

*Нижегородский государственный университет, Н. Новгород*