

УДК 691.3+661.53

**К.В. ХАЛЕЦКАЯ**

Беларусь, Брест, БрГТУ

**ЦЕМЕНТНЫЙ БЕТОН КАК ИСТОЧНИК АММИАКА  
В ВОЗДУХЕ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ**

При изучении бетонных и железобетонных изделий и конструкций важным аспектом является исследование и анализ сырьевых компонентов: цемента, клинкера, сырьевых смесей, минеральных добавок и иного сырья, применяемого в цементном производстве. Использование определенных методов анализа регламентируется [1, 2], но к сожалению не содержит сведений о методиках определения аммонийных соединений в бетонных материалах. Актуальность исследований наличия аммиака в данных материалах обуславливается токсическим действием этого газа на организм человека при длительном воздействии.

Известны данные о хроническом влиянии аммиака на организм человека [3]. Круглосуточное вдыхание 2 и 5 мг/м<sup>3</sup> сопровождается нейтропией, моноцитозом и лимфоцитозом; увеличивается выделение мочевины и аммиака с выдыхаемым воздухом, нарушается кислотно-щелочное равновесие; отмечены явные признаки активации симпатоадреналовой системы – увеличение содержания в крови адреналина и оксикортикостероидов. При вдыхании 20 мг/м<sup>3</sup> и подверженности действию этого газа в течение более 5 лет отмечены вегетативные расстройства и повышение возбудимости парасимпатического отдела нервной системы, жалобы на слабость, недомогание, насморк, кашель, боли в груди. При рентгенографическом обследовании выявляются увеличение объема легких, усиление легочного рисунка, изменения в области корней легких и пристеночной плевры [3]. Случаи острого отравления аммиаком также тщательно изучены, и не зафиксированы в условиях воздуха жилой среды помещений.

В Республике Беларусь в настоящее время для воздуха рабочей зоны установлена предельно допустимая концентрация аммиака на уровне ПДК<sub>р.з.</sub> = 20 мг/м<sup>3</sup>. Согласно Постановлению Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30 декабря 2010 г. № 186 максимально разовая предельно допустимая концентрация аммиака в атмосферном воздухе ПДК<sub>м.р.</sub> = 200 мкг/м<sup>3</sup> [4].

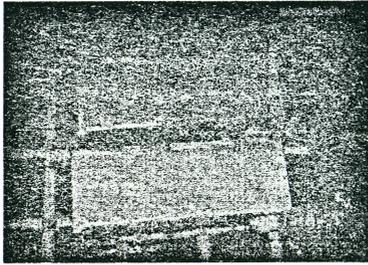
На сегодняшний день получение материалов из цементного бетона немислимо без применения модификаторов, а потому в работе была исследована возможность наличия в сырьевой смеси аммонийных соединений в свободном или связанном виде, ведущих к эмиссии аммиака. Для

этого были изучены некоторые образцы добавок-модификаторов (суперпластификаторов и ускорителей твердения), применяемых на заводах Республики Беларусь. В качестве метода определения был выбран потенциометрический метод с использованием ионоселективных электродов (ИСЭ) на ион аммония. Полученные данные (таблица 1) свидетельствуют о наличии ионов аммония в добавке (образец 1) и указывают, что подобного рода суперпластификаторы могут служить источником эмиссии аммиака из бетона, как конечного продукта.

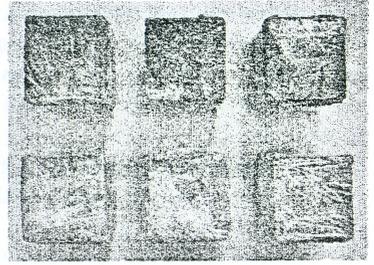
Таблица 1 – Потенциометрическое определение свободного аммиака в водных растворах химических добавок, регулирующих свойства бетонной смеси, применяемых на заводах по изготовлению железобетонных конструкций в Республике Беларусь

Химическая добавка	pH	Температура, °С	Концентрация, моль/дм <sup>3</sup>	pC
Образец 1	7,22	20,2	$1,462 \cdot 10^{-4}$	3,835
Образец 2	6,77	19,8	Не обнаружено	Не обнаружено
Образец 3	6,97	19,9	Не обнаружено	Не обнаружено
Образец 4	7,13	19,8	Не обнаружено	Не обнаружено

Поскольку при изготовлении бетонных стеновых панелей и перекрытий практикуется как их предварительное изготовление в заводских печах в условиях тепловлажностной обработки (ТВО), так и непосредственно локализованная монолитная заливка в условиях естественного твердения (ЕТ), на базе промышленной (рисунок 1) и химической лабораторий была воссоздана технология производства бетона для исследования влияния условий обработки и добавок на наличие аммонийных соединений. Для этого были изготовлены образцы бетона без добавок, с добавкой-суперпластификатором и с комплексной добавкой, твердение и набор прочности которых протекали в условиях тепловлажностной обработки и естественного твердения. После 7 суток твердения в условиях ТВО и ЕТ образцы герметично упаковывались в полиэтиленовую пленку (рисунок 2) для предотвращения попадания загрязнений и иных воздействий (механических сколов краев граней) и транспортировались в химическую лабораторию.

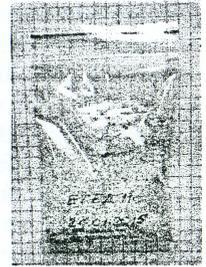
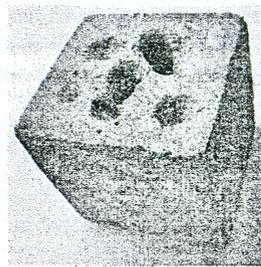
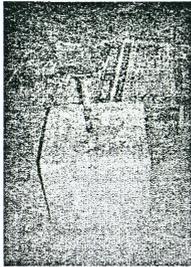


**Рисунок 1 – Изготовление бетонных образцов в промышленной лаборатории в условиях тепловлажностной обработки (ТВО)**



**Рисунок 2 – Упаковка для транспортировки образцов из промышленной в химическую лабораторию обработки**

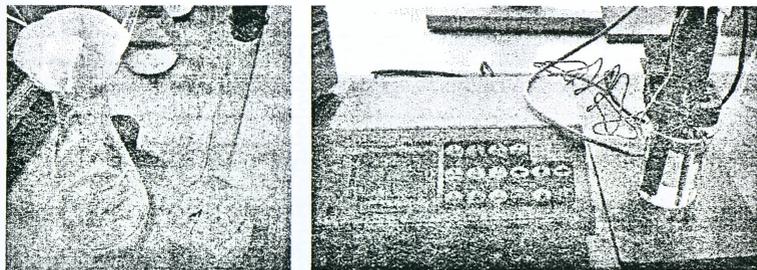
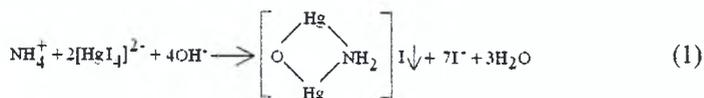
По истечении 14 суток твердения образцы подвергались механическому измельчению для получения высокодисперсной бетонной пыли (рисунок 3) с разных глубин относительно поверхности. Бетонная пыль сразу упаковывалась в герметичные полиэтиленовые пакеты для хранения более 2 часов перед анализом.



**Рисунок 3 – Сверление образцов, извлечение с разных глубин высокодисперсной бетонной пыли и упаковка на время хранения перед анализом**

Из полученной бетонной пыли были изготовлены водные вытяжки (рисунок 4), которые затем подвергались химическому анализу. Пробы образцов бетонной пыли без добавок и с комплексной добавкой исследовались потенциометрическим методом с использованием ИСЭ, в то время как образцы бетона с суперпластификатором исследовались спектрофотометрическим методом с использованием реактива Несслера, что обусловлено их органической природой. В основу спектрофотометрического опре-

деления положено взаимодействие иона аммония со щелочным раствором йодистого меркураммония по уравнению (1).



**Рисунок 4 – Приготовление водных вытяжек, фильтрование и потенциометрическое определение свободных ионов аммония в водных растворах**

Исследовались пробы вытяжек с различным содержанием бетонной пыли. Количество вводимых добавок в бетон определялось паспортами изготовителя и соответствовало количеству, вводимому в условиях промышленного производства. Исследуемые водные растворы имели сильно щелочной характер, поэтому в случае потенциометрического определения их pH искусственно изменяли под рабочий диапазон ИСЭ, что учтено методикой. Образцы без добавок исследовались для исключения активной минеральной добавки (АМД) (до 20 % по массе), вводимой в цемент, в качестве источника аммиака.

Полученные данные свидетельствуют о том, что вытяжки, содержащие 10 г бетонной пыли, являются наиболее удобными для работы предложенными методами. АМД и добавка-суперпластификатор не служат источником аммиака. Образцы 3 и 4, содержащие комплексную добавку, должны быть исследованы более тщательно, поскольку определенное в них количество свободных ионов аммония следовое и едва попадает на границу чувствительности прибора, а следовательно велика вероятность ошибки.

Таблица 2 – Потенциометрическое (\*) и спектрофотометрическое (\*\*) определение аммиака в бетонной пыли из образцов с использованием разных добавок и при разных условиях твердения.

№ п/п	Наличие добавки	Условия твердения	Масса БП в 200 мл водной вытяжки	pH <sup>1</sup>	pH <sup>2</sup>	T, °C	Концентрация, моль/дм <sup>3</sup>	pC
Образец 1*	-	ЕТ	1,0001	11,78	7,15	19,1	-	-
			2,0000	12,07	7,16	19,1	-	-
			5,0007	12,29	6,95	19,2	-	-
			10,0010	12,41	7,26	19,1	-	-
Образец 2*	-	ТВО	1,0003	11,76	6,89	18,8	-	-
			2,0002	12,00	7,26	18,9	-	-
			5,0003	12,21	6,92	18,6	-	-
			10,0004	12,37	7,12	19,3	-	-
Образец 3*	0,5 % по массе; добавка 1	ЕТ	0,9976	11,76	6,97	19,1	-	-
			1,9970	11,97	7,16	18,9	-	-
			5,0004	12,27	6,94	18,7	-	-
			9,9990	12,48	6,83	20,4	4,9627 10 <sup>-3</sup>	4,3042
Образец 4*	0,5 % по массе; добавка 1	ТВО	0,9999	11,66	6,91	19,3	-	-
			2,0001	11,80	7,21	19,4	-	-
			5,0001	12,04	7,27	18,9	-	-
			10,0006	12,31	7,17	19,2	6,5218 10 <sup>-3</sup>	4,1856
Образец 5**	0,7 % по массе; добавка 2	ЕТ	1,0000	11,87	-	18,9	-	-
			1,9996	11,94	-	18,8	-	-
			5,0002	12,13	-	19,0	-	-
			10,0000	12,38	-	18,7	-	-
Образец 6**	0,7 % по массе; добавка 2	ТВО	1,0009	11,53	-	20,0	-	-
			2,0006	11,83	-	19,1	-	-
			5,0004	12,11	-	19,0	-	-
			10,0003	12,26	-	18,7	-	-

Примечание: ТВО – тепловлажностная обработка; ЕТ – естественное твердение; БП – бетонная пыль; T - температура; pH<sup>1</sup> – исходных растворов; pH<sup>2</sup> – подкисленных растворов

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа: ГОСТ 5382-91. – Введ. 01.07.1991. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2002. – 57 с.

2. Методы испытания цемента. Часть 2. Химический анализ цемента: СТБ ЕН 196-2-2007. – Введ. 23.02.2007. – Минск : Госстандарт, 2007. – 37 с.

3. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V – VIII групп : справ. изд. / А.Л. Бандман [и др.] ; под ред. В.А. Филова. – Л. : Химия, 1989. – 592 с.

4. Критерии оценки состояния атмосферного воздуха [Электронный ресурс] / Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды». – 2015. – Режим доступа: <http://rad.org.by/articles/vozduh/sostoyanie-atmosfernogo-vozduha-v-1-kvartale-2014-goda/g.-minsk.html>. – Дата доступа: 05.02.2015.