

## ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ УСКОРИТЕЛЕЙ СХВАТЫВАНИЯ НА ПЕННУЮ МАТРИЦУ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА\*

vell.30@mail.ru

*В статье изложено влияние некоторых солей – электролитов на основные свойства пен, оцениваемые при выборе пенообразователей для производства ячеистых бетонов. Для исследований выбраны базовые ускорители схватывания. Проблема ускорения схватывания является основной в литьевой технологии ячеистых бетонов и решается многими авторами последнее десятилетие. Решение данной проблемы лежит в области оценки основных параметров смешения, выборе сырьевых материалов, доступности добавок и общей технологичности процесса производства.*

**Ключевые слова:** структурная неоднородность, стойкость, кратность, эффективность использования, пенная матрица.

**Введение.** Ускорение схватывания в технологии производства неавтоклавно пенбетона является одним из сдерживающих факторов в использовании данного вида строительных материалов повсеместно. Проблема находится в стадии решения последние 15...18 лет. Различные подходы к решению данной проблемы не имеют повсеместного внедрения в силу ряда факторов: различий в сырьевых материалах и отсутствие подхода по их обоснованному подбору, использование различных по природе и эффективности пенообразователей, добавок стабилизаторов и т.д. Возможности малых предприятий зачастую ограничены, высокая конкуренция на рынке строительных материалов и высокая себестоимость стали основными сдерживающими факторами на пути к улучшению технологичности процесса производства литьевого пенбетона.

**Основная часть.** Стабилизация пен достигается введением в раствор веществ – стабилизаторов: карбоксиметилцеллюлозы, полиакриамида, поливинилового спирта и др. Эти вещества, увеличивая вязкость раствора и пленок [1, 2] способствуют замедлению синерезиса. Пены из растворов алкилсульфонатов натрия стабилизируются жирными спиртами и некоторыми эфирами, в присутствии которых резко снижается проницаемость пленок для воздуха и увеличивается вязкость поверхностного слоя, однако это проявляется в очень узкой области концентраций подобных стабилизаторов.

Стабилизаторы вызывают значительное снижение критической концентрации мицеллообразования раствора ПАВ. Наиболее эффективны те, в молекуле которых имеются неразветвленная цепь и полярные группы, способные образовывать водородные связи с молекулами воды (-ОН, -NH<sub>2</sub>, =NH и др.). Если в растворе содержатся

ПАВ различного типа, эффект стабилизации может быть обусловлен образованием смешанных мицелл, состоящих из молекул неионогенного и анионного ПАВ. При введении в раствор анионных ПАВ небольших количеств жирного спирта ККМ увеличивается за счет повышения растворимости ПАВ.

Показано [3], что введение электролитов оказывает различное влияние на стабильность пузырьков пены. Если адсорбционный слой не насыщен молекулами ПАВ, введение электролита несколько повышает стабильность пузырьков пены, что подтверждается опытами (табл. 1). При концентрации ПАВ, обеспечивающей насыщение адсорбционного слоя или повышающей его, добавление хлорида натрия резко снижает стабильность пузырьков. Этот факт объясняется образованием на межфазовой поверхности микрокапель ПАВ (микрорегетерогенность поверхности). Явление выпадения в осадок лаурилсульфата натрия и додеканола в присутствии хлорида натрия и, связанное с этим снижение устойчивости пен, подтверждено работой [4]. В результате уменьшения концентрации ПАВ в растворе его поверхностное натяжение уменьшается.

В работе [5] показано, что максимум высоты столба пены из растворов алкилсульфатов натрия соответствует определенной концентрации электролита, причем пенообразующая способность обратно пропорциональна радиусу гидратированных одновалентных катионов электролита. Увеличение заряда катиона также повышает пенообразующую способность алкилсульфатов. Для исследований были выбраны соли электролитов, ускоряющие процессы твердения: сульфаты аммония, калия, натрия, магния; хлориды натрия и кальция. Концентрация добавок варьировалась в пределах 0,5...2 % с шагом 0,5 %.

Таблица 1

**Влияние электролитов на стойкость пен анионного пенообразователя**  
(концентрация пенообразователя 0,08%, стойкость «чистой» пены 4 часа, кратность – 13,7)

Название соли	Характеристики пен при введении соли электролита, %							
	0,5		1,0		1,5		2,0	
	Стой-кость	Крат-ность	Стой-кость	Крат-ность	Стой-кость	Крат-ность	Стой-кость	Крат-ность
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4-10	19,7	4-20	21,4	5-00	24,3	5-10	13,7
MgSO <sub>4</sub>	5-20	7,1	6-40	8,3	5-20	7,1	5-00	14,3
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3-00	15,1	3-40	24,6	3-00	27,7	3-00	27,4
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5-40	8,3	5-55	24,6	4-20	21,1	4-06	14,6
CaCl <sub>2</sub>	0-10	3,1	0-05	2,7	-	-	-	-
NaCl	1-35	18,0	5-20	28	5-25	13,1	0-15	0,8
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1-00	21,4	1-20	27,7	4-30	16,3	4-25	21,0
Мочевина	4-40	15,1	6-00	17,1	6-00	18,6	4-40	20,0
NaNO <sub>3</sub>	5-30	25,7	5-20	31,4	4-20	24,8	4-25	22,8
оксиметилцеллюлоза	3-20 <sup>1</sup>	4,6	3-04	28,0	0-50	4,3	-	-
	3-00 <sup>2</sup>	6,0	2-40	7,9	3-00	6,1	3-00	5,2
	2-40 <sup>3</sup>	14,3	2-20	2,3	2-20	2,7	2-25	2,4

*Примечание:* добавки оксиметилцеллюлозы отличаются молекулярной массой: 1 – имеет молекулярную массу 350-400 Дальтон; 2 – 400-600 Дальтон; 3 – 600-800 Дальтон

Показано, что наилучшим образом в пенной системе анионного пенообразователя АОС работает 1...1,5 % (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, позволяющий увеличить стойкость пены на 10...25 %, увеличить кратность до 20...24. K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в количестве 0,5...1 % позволил увеличить стойкость пены практически до 6 часов (рис. 2). Есть основание предполагать, что введение подобных добавок ускорит процесс схватывания и твердения пенобетонной смеси. Ввод в систему CaCl<sub>2</sub> показал, что даже в

незначительных концентрациях (до 0,5 %) он является эффективным пеногасителем и разрушает пену в течение 10 – 15 минут. В отличие от него, NaCl в концентрации 1 % позволил получить стойкость пены в пределах 5,4 часа при кратности 28. Оксиметилцеллюлоза является эффективным загустителем пен, но стабилизирующего эффекта в данных исследованиях добиться не удалось.

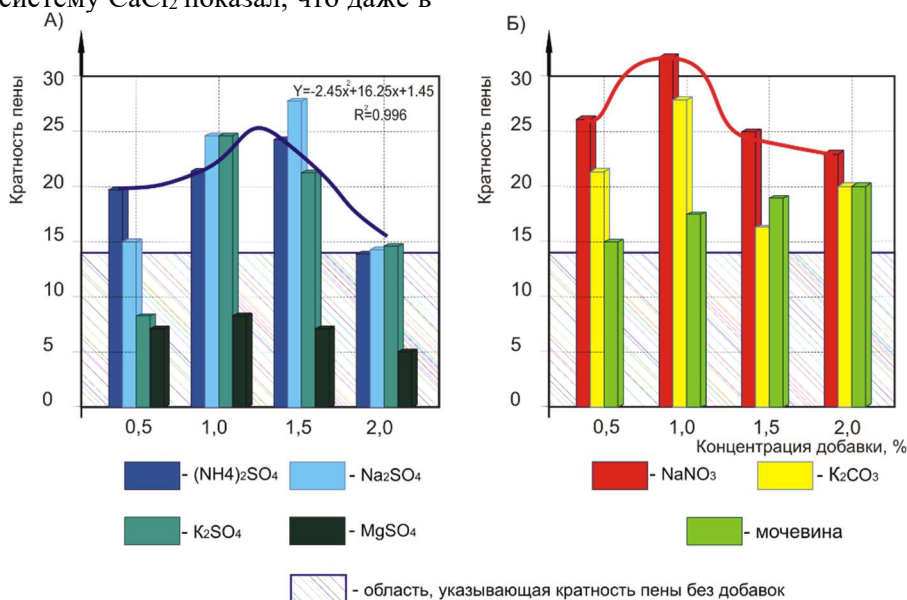


Рис. 1. Влияние концентрации химических добавок на кратность пены анионного пенообразователя

Влияние солей жесткости особенно заметно для поверхностно-активных соединений, содержащих в алкильной цепи 12 и более атомов углерода. Растворы соединений с 10 атомами углерода в молекуле менее подвержены действию солей жесткости. Первичные и вторичные алкил-

сульфаты и алкилсульфонаты обладают пониженной вспениваемостью в жесткой воде, неионогенные ПАВ не снижают в ней пенообразующую способность. Для улучшения пенообразующей способности растворов мощных веществ в

различных условиях применения в состав композиций вводят специальные добавки (фосфаты, увеличивающие объем пены и ее стабильность).

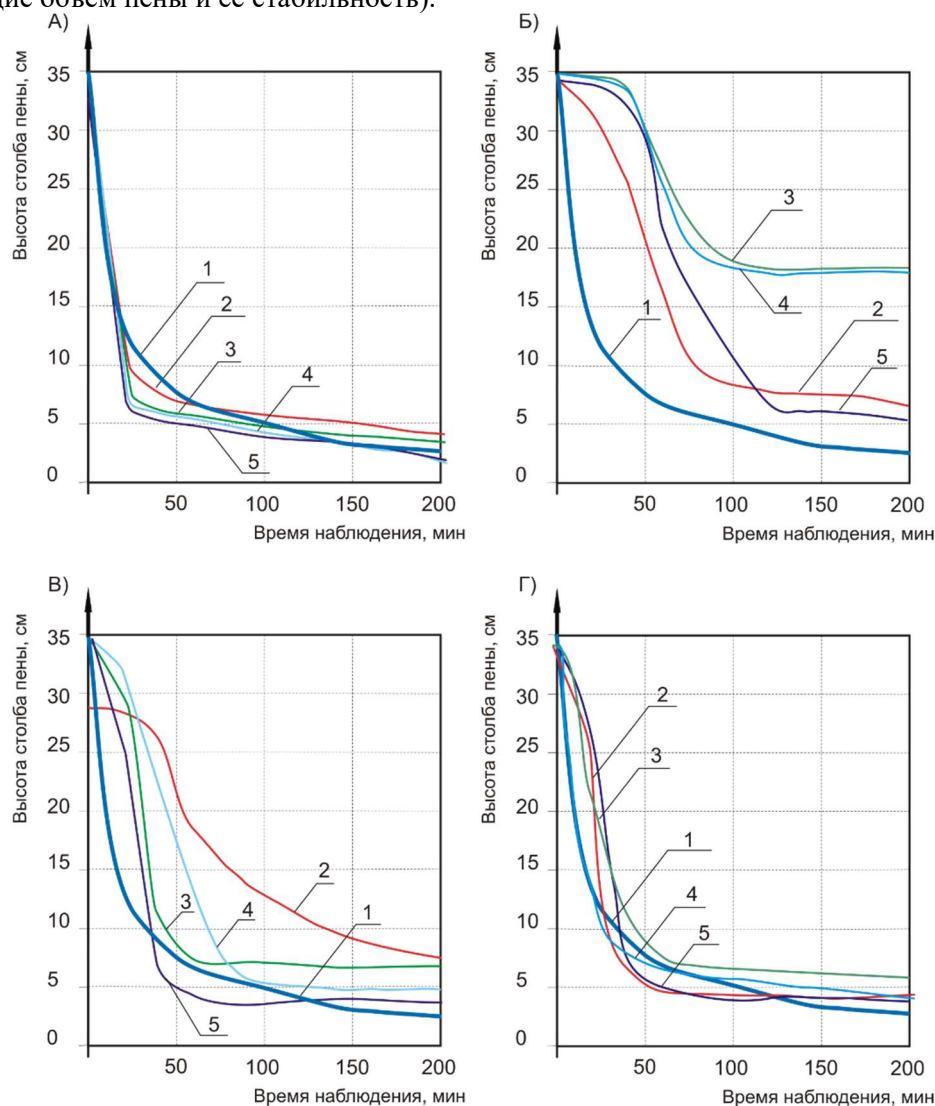


Рис. 2. Влияние солей электролитов на устойчивость пен анионного пенообразователя, где в качестве добавки использован: *a* –  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ; *б* –  $\text{MgSO}_4$ ; *в* –  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ; *г* –  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; при этом концентрация добавки в системе составляла: 1 – 0 %; 2 – 0,5 %; 3 – 1,0 %; 4 – 1,5 %; 5 – 2,0 %

**Заключение.** Сульфаты и хлориды аммония, натрия и кальция сравнительно слабо влияют на кратность и стойкость пен, однако не все они представляют интерес, как добавки к пенобетонным смесям, так как ион аммония разлагается в щелочной среде портландцементных систем с выделением газообразного аммиака.

Сульфат магния в оптимальной дозировке 1–1,5 % хорошо стабилизирует пену, но в жидкой фазе идет реакция выпадения в осадок гидроксида магния. В связи с этим соли магния не представляют интереса, как добавки в пенобетон.

Сульфат калия в количестве 0,5 % оказывает стабилизирующее действие на пену, особенно в первый час, поэтому его можно использовать в качестве стабилизатора, тем более, что данная добавка является ускорителем схватывания и

твердения цементного камня. В этом отношении представляют интерес сульфаты натрия и кальция.

**Выводы.** Влияние солей электролитов на пенную матрицу неоднозначно, в качестве добавок при производстве ячеистых пенобетонов их следует использовать, оценив предварительно возможности взаимодействия с отдельными пенообразователями. Следует учитывать, что данные, приведенные в работе, были получены с использованием анионного пенообразователя. Использование неионогенного Пав даст возможность использовать целый спектр ускорителей схватывания и твердения.

\*Работа выполнена в рамках Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:**

1. Махамбетова У.К., Солтамбеков Т.К., Естемесов З.А. Современные пенобетоны. Под ред. П.Г. Комохова. С-Пб.: Петерб. гос. ун-т путей сообщ., 1997. 157 с.
2. Меркин А.П. Ячеистые бетоны, научные и практические предпосылки дальнейшего развития // Строительные материалы. № 5. 1995. С. 57.
3. Муромский К.П. Ячеистый бетон в наружных стенах зданий // Бетон и железобетон. 1996. № 5. С. 31–32.
4. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Химия, 1983, 265 с.
5. Сватовская Л.Б., Овчинникова В.П., Соловьева В.С. и др. Управление активностью цементных смесей с использованием добавок типа «Элби» // Цемент. 1996. №2. С. 28–32.
6. Рахимбаев Ш.М., Дегтев И.А., Тарасенко В.Н., Аниканова Т.В. К вопросу снижения усадочных деформаций изделий из пенобетона // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 12. С. 41–44.
7. Тарасенко В.Н. Ячеистые бетоны в малоэтажном жилищном строительстве // в сб.: Научный поиск в современном мире. Сборник материалов 10-й международной науч.-практ. конф. 2015. С. 142–143.
8. Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергосберегающие технологии высокопоризованных бетонов // в сб.: Белгородская область: прошлое, настоящее, будущее. Мат. обл. науч.- практ. конф. в 3-х ч. 2011. С. 98–102.
9. Тарасенко В.Н. Прогнозирование звукоизолирующих свойств ячеистобетонных композитов // В сб.: Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства Сборник докладов международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РААСН, доктора технических наук, профессора Валерия Станиславовича Лесовика: В 3 частях. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2016. С. 135–140.
10. Тарасенко В.Н. Неразрушающие методы контроля ячеистобетонных строительных материалов // В сб.: Научоемкие технологии и инновации. Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 194–198.
11. Сулейманова Л.А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 9–16.

*Информация об авторах*

**Тарасенко Виктория Николаевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры архитектурных конструкций.

E-mail: vell.30@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

---

*Поступила в октябре 2017 г.*

© Тарасенко В.Н., 2017

---

**Tarasenko V.N.**

**THE IMPACT OF THE CHEMICAL SETTING ACCELERATORS  
FOR A FOAM MATRIX OF CELLULAR CONCRETE**

*The article presents the influence of some salts – electrolytes on the basic properties of the foams evaluated in the selection of foaming agents for the production of cellular concrete. For studies of selected basic setting accelerators. The problem of accelerating the setting is the main molding technology of cellular concrete and solved by many authors the last decade. The solution to this problem lies in estimating the main parameters of the mixing, the choice of raw materials, availability of supplements and General technological process of production.*

**Keywords:** structural heterogeneity, stability, multiplicity, efficiency of use, the foam matrix.

*Information about the authors*

**Tarasenko Viktoriya Nikolaevna**, PhD, Assistant professor.

E-mail: vell.30@mail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

---

*Received in October 2017*

© Tarasenko V.N., 2017