

## Раздел 3. Силикатные материалы

И. М. Тарасов, И. И. Кисель,  
А. Я. Демченко, Г. А. Сабельникова

### ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ПОРИСТЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ В БЕТОНЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ АММОНИЙНЫХ СОЛЕЙ

Коррозия строительных материалов, конструкций и механизмов оказывает отрицательное влияние на сроки службы сооружений и механизмов. Наиболее активно процесс коррозии проявляется на предприятиях химической промышленности, где материалы непосредственно соприкасаются с агрессивными средами.

Целью исследований, выполняемых в области коррозии, является изучение процесса коррозии и выявление возможности удлинения сроков службы материалов и конструкций, работающих в условиях агрессивного действия растворов солей и кислот.

В настоящее время в БПИ по решению Совета Министров БССР создана лаборатория антикоррозийной защиты, в работе которой участвуют несколько кафедр института.

Кафедра технологии силикатов проводит исследование по определению стойкости плотной и пористой керамики, а также бетонов на воздушном и гидравлическом вяжущем с применением легких заполнителей (аглопорита и керамзита) в растворах аммонийных солей.

В излагаемой работе приводятся результаты определения поведения пористых заполнителей и легких бетонов, изготовленных на известковом и цементном вяжущем, в растворе азотнокислого аммония.

Для проведения исследований были изготовлены образцы — кубы размером  $10 \times 10 \times 10$  см из керамзито- и аглопоритобетона и размером  $7 \times 7 \times 7$  см из силикатобетона. Для изготовления керамзито- и аглопоритобетона применялся цемент Волковьского завода, керамзит Витебского комбината стройматериалов и аглопорит Минского кирпичного завода № 2; для изготовления силикатобетона применялась негашеная маломagneзиальная известь, полученная на Климковичском комбинате, и аглопорит Минского кирпичного завода № 2.

## Составы бетонов

## Аглопоритобетон

Цемент: аглопорит		1 : 4
Аглопорит фракции	20—10 мм	40%
	10—5 мм	20%
	5—2,5 мм	15%
	2,5 мм	25%
Вода		17%

## Керамзитобетон

Цемент: аглопорит		1 : 2
Керамзит фракции	20—5 мм	67,5%
	5 мм	32,5%
Вода		17%

## Силикатобетон

Известь	из расчета 7% активной $\text{CaO}$	
Аглопорит фракции	10—5 мм	48%
	5—2,5 мм	12,8%
	2,5 мм	39,2%
Вода		24%

После формирования на вибростолу в течение 3 мин образцы запаривались в лабораторном автоклаве по режиму: подъем давления пара до 8 *ати* — 2 ч, выдержка при 8 *ати* — 6 ч, снижение давления пара до атмосферного — постепенное. После этого половина образцов подвергалась насыщению в воде, а другая половина — в концентрированном растворе азотнокислого аммония в течение 3 суток с последующим высушиванием на воздухе в течение 2 суток и в сушильном шкафу в течение 3 суток. После каждого цикла насыщения и высушивания сухие кубы взвешивали, после каждого пяти циклов в мокрых образцах определяли предел прочности при сжатии. Результаты проведенных исследований показаны в табл. 1 и 2 и на рис. 1, 2.

Как видно из данных табл. 1 и рис. 1, после 45 циклов насыщения и высушивания вес образцов уменьшился мало — в пределах 0,26—1,72%. При этом наибольшее уменьшение веса наблюдается у силикатобетона — 1,23 и 1,72% при насыщении соответственно в воде и в растворе аммонийной соли и у аглопоритобетона — 0,41 и 1,38%, у керамзитобетона наименьшие значения — 0,28 и 0,26%.

Уменьшение веса образцов произошло за счет появления трещин, шелушения, отколов углов и ребер, выкрашивания зерен аглопорита и керамзита. Заметное разрушение образцов началось после 25—30 циклов насыщения и высушивания.

Табл. 1. Зависимость веса образцов от количества циклов насыщения в воде и в растворе аммонийной соли, 2

Материал образцов	Число циклов насыщения и высушивания										Уменьшение веса	
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	г	%
Насыщение в воде												
Керамзитобетон	1135	1135	1135	1136	1136	1136	1135	1137	1136	1132	3	0,26
Аглопоритобетон	1716	1716	1716	1716	1716	1716	1710	1717	1713	1709	7	0,41
Силикатобетон	568	568	568	568	568	570	568	572	566	561	7	1,23
Насыщение в аммонийной соли												
Керамзитобетон	1089	1090	1091	1091	1092	1095	1102	1099	1094	1086	3	0,28
Аглопоритобетон	1741	1742	1742	1742	1744	1747	1742	1744	1741	1717	24	1,38
Силикатобетон	582	582	583	583	583	585	587	584	581	572	10	1,72

Табл. 2. Зависимость предела прочности при сжатии от количества циклов насыщения в воде и в растворе аммонийной соли, кг/см<sup>2</sup>

Материал образцов	Число циклов насыщения и высушивания										Снижение прочности, %	
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45		
Насыщение в воде												
Керамзитобетон	96	90	88	94	100	62,5	—	60	52,5	37,5	61	
Аглопоритобетон	130	150	137,5	153	145	—	174	140	150	115	10	
Силикатобетон	124	133	138	127,5	156	130	—	106	84	64	48	
Насыщение в аммонийной соли												
Керамзитобетон	96	92	102	125	130	52,5	52	62	40	42,5	56	
Аглопоритобетон	130	129	131	129	134	95	105	68	75	72,5	44	
Силикатобетон	124	120	112	115	161	134	—	101	92	41	67	

Изменение предела прочности при сжатии образцов показано в табл. 2 и на рис. 2.

Характер изменения прочности керамзитобетона и силикатобетона примерно одинаков и при насыщении в воде и в растворе азотнокислого аммония — сначала небольшое уменьшение, затем повышение (в пределах 4—35%), после 20—25 циклов значительное уменьшение, достигающее в конце 48 и 67% первоначальной прочности.

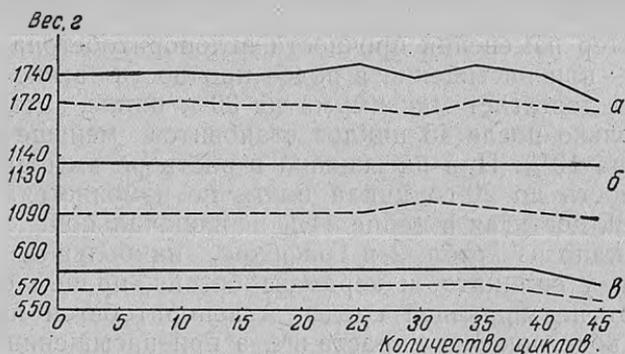


Рис. 1. Зависимость веса от количества циклов насыщения в воде и растворе аммонийной соли:  
 а — аглопоритобетона; б — керамзитобетона; в — силикатобетона. Сплошной линией показано насыщение в воде, пунктирной — в растворе аммонийной соли.

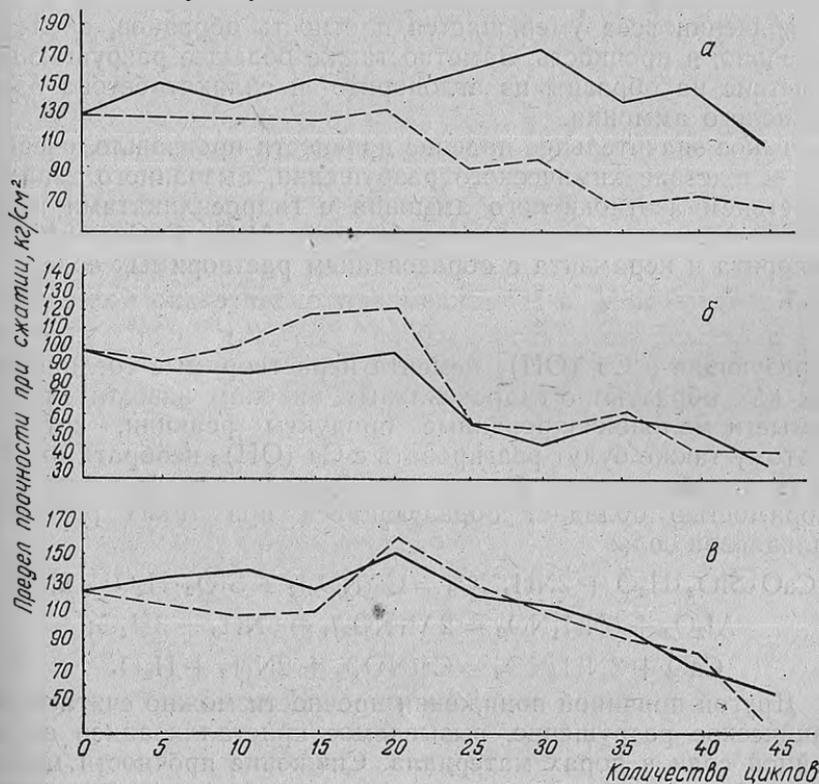


Рис. 2. Зависимость предела прочности при сжатии от количества циклов насыщения в воде и растворе аммонийной соли:  
 а — аглопоритобетона; б — керамзитобетона; в — силикатобетона. Обозначения те же, что и на рис. 1.

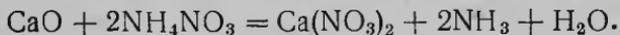
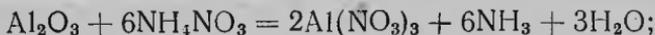
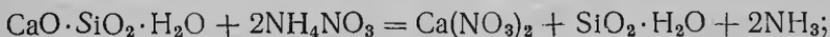
Характер изменения прочности аглопоритобетона несколько иной — при насыщении в воде прочность выше первоначальной и достигает максимума на 30-м цикле, затем снижается и только после 45 циклов становится меньше первоначальной на 10%. При насыщении в растворе аммонийной соли прочность до 20-го цикла почти не изменяется, а затем снижается, достигая в конце 44% первоначальной.

Как видно из табл. 2 и графиков, наибольшее падение прочности у силикато- и керамзитобетона, причем оно независимо от насыщающей среды. Аглопоритобетон при насыщении в воде показал нарастание, а при насыщении в аммонийной соли — довольно значительное уменьшение, хотя и меньшее, чем у силикато- и керамзитобетона.

Таким образом, мы видим, что уменьшение веса и прочности находятся в прямой зависимости друг от друга, т. е. при уменьшении веса уменьшается плотность образцов, а следовательно, и прочность. Заметно также большее разрушающее действие на образцы из аглопорито- и силикатобетона азотнокислого аммония.

Такое значительное падение прочности произошло, очевидно, вследствие химического разрушения, вызванного взаимодействием азотнокислого аммония с гидросиликатами кальция извести и цемента и со свободными  $Al_2O_3$ ,  $CaO$  и  $MgO$  аглопорита и керамзита с образованием растворимых солей.

Катионы  $NH_4^+$  и  $H^+$  оказывают значительно более вредное действие, чем катионы  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Si^{2+}$  и другие образующие с  $Ca(OH)_2$  цемента нерастворимые соединения, так как образуют с гидроксильным анионом извести растворимые и малоионизированные продукты реакции, которые поэтому также будут реагировать с  $Ca(OH)_2$  необратимо. Известь вымывается из бетона тем быстрее, чем большей растворимостью обладает образующаяся при таких реакциях кальциевая соль:



Другой причиной понижения прочности можно считать механическое разрушение, вызываемое кристаллизацией аммонийной соли в порах материала. Снижение прочности может произойти также в результате напряжений сдвига, возникающих при расширении одного слоя материала относительно другого (как это происходит при насыщении водой) и вызывающих появление на изделиях микротрещин.

Причиной понижения прочности бетонов могут быть все перечисленные причины вместе.

### *Выводы*

Наибольшее падение прочности при действии раствором аммонийной соли произошло у материалов, изготовленных из извести и аглопорита. Видимо, гидросиликат кальция в этих материалах подвергается более быстрому разрушению, чем минералы цемента.

Значительное падение прочности произошло в образцах керамзитобетона, причем одинаковое как при насыщении в воде, так и в растворе аммонийной соли.

Наиболее устойчивым по отношению к действию воды и аммонийной соли является аглопоритобетон, падение прочности которого меньше, чем у силикато- и аглопоритобетона.

### **Литература**

1. *И. М. Тарасов и др.* Исследование коррозионной стойкости некоторых пористых керамических изделий и легких бетонов под действием раствора сильвинита. Тр. Гос. НИИСМ БССР. Минск, 1967.
2. *И. М. Тарасов и др.* «Промышленность Белоруссии», 1967, № 7.