

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

ВНИИСТ

руководство

ПО ИСПЫТАНИЮ ОБРАЗЦОВ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА КРИОГЕННУЮ СОЛЕСТОЙКОСТЬ

Р 400-80

Москва 1980

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

ВНИИСТ

руководство

ПО ИСПЫТАНИЮ ОБРАЗЦОВ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА КРИОГЕННУЮ СОЛЕСТОЙКОСТЬ

Р 400-80

Москва 1980

УДК 691.001.5(083.75)

В Руководстве описаны методы испытания образцов строительных материалов (бетона, древесины, керамических и каменных материалов) на криогенную солестойкость. Под криогенной солестойкостью подразумевается способность материала сохранять свою прочность и функциональные свойства после длительного пребывания в контакте с засоленным льдом.

Методика разработана д-ром техн. наук С.Ф.Бутримом и инж.В.В.Андреевым по результатам специальных исследований.

Замечания и предложения направлять по адресу:
169400, Коми АССР, г.Ухта, Обшлейная, 14, Северный филиал ВНИИСТА.

ВНИИСТ	Руководство по испытанию образцов строительных материалов на криогенную солестой- кость	Р 400-80
--------	--	----------

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящее Руководство определяет методы экспериментального определения стойкости образцов бетона и других строительных материалов при длительном пребывании в контакте с засоленным льдом.

1.2. Предлагаемая методика позволяет решить три независимые задачи:

- а) является ли данный материал стойким при длительном пребывании в контакте с засоленным льдом;
- б) являются ли данные растворы солей криогенноопасными;
- в) являются ли принятые меры защиты целесообразными и достаточно надежными в конкретных условиях эксплуатации.

1.3. Криогенная солестойкость — это способность материала сохранять свои свойства без разрушения при длительном пребывании в контакте с засоленным льдом при постоянной отрицательной температуре.

1.4. Разрушение образцов стройматериалов в контакте с засоленным льдом может происходить, если концентрация соли превышает 1 г на 1000 г воды и если температура системы находится ниже начала замерзания, но выше замерзания эвтектики. Образовавшийся при этом лед содержит в своем объеме незамерзшую жидкость в виде рассола с повышенной концентрацией соли.

1.5. Температуру замерзания эвтектики устанавливают по справочным данным приложения к данному Руководству. Температуру начала замерзания раствора можно установить по диаграммам фазового равновесия. Ориентировочно температуру начала замерзания $t_{н.з}$ рассчитывают по формуле

$$t_{н.з} = t_{зз} K_{нз}^a, \quad (1)$$

Внесено СФ ВНИИСТа	Утверждено ВНИИСТом 26 июня 1980 г.	Разработано впервые
-----------------------	--	------------------------

где $t_{зз}$ - температура замерзания эвтектики, °C;
 $K_{нз}$ - коэффициент насыщенности эвтектикой, рассчитываемый как отношение $K_{нз} = C_1 : C_2$;
 C_1 - концентрация раствора, г/л;
 C_2 - концентрация раствора эвтектического состава, г/л;
 a - показатель степени $a \geq 1$.

При содержании кристаллогидратной воды $bx \leq 2a$ $a = 1$;
 при $bx > 2$ $a \approx 2$.

1.6. Разрушение происходит по механизму криогенного осмоса в результате внедрения в объем образца из рассола среды молекул соли с сольватными оболочками с увеличением массы и объема образца.

1.7. Разрушаются материалы с сильно развитой микрокапиллярной пористостью, т.е. материалы, для которых льдистость при -60°C существенно выше, чем при -3°C . Сюда относятся в первую очередь растворы и бетоны на цементном вяжущем. Материалы с неразвитой микрокапиллярной пористостью, например кирпич, древесина, гипсобетон, керамзит и др., в контакте с засоленным льдом не разрушаются.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИОГЕННОЙ СОЛЕСТОЙКОСТИ МАТЕРИАЛА

2.1. Из испытуемого материала отбирают представительные образцы.

При испытании цементного бетона рекомендуется готовить образцы-кубы размером $10 \times 10 \times 10$ см по методике ГОСТ 10180-74, как для определения прочности. Могут быть использованы образцы бетона или другого строительного материала неправильной формы. Количество образцов должно быть не менее двух для каждой разновидности материала.

2.2. В качестве среды рекомендуется принять раствор, содержащий 50 г NaCl на 1000 г воды (плотность которого при 20°C $1,036 \text{ г/см}^3$).

2.3. Раствор соли помещают в емкость, куда загружают испытуемые образцы так, чтобы сверху образца был слой жидкости

толщиной около 2 см. При этом объем раствора должен превышать объем образцов не менее чем в два раза.

Допускается, чтобы образцы размером 10 см выступали из раствора не более чем на 2 см.

2.4. Образцы с раствором следует заморозить до -15°C и выдержать при этой температуре в течение 1 мес. Допускается колебание температуры в пределах от -13 до -18°C .

2.5. Далее образцы оттаивают и осматривают, сравнивая с эталонными образцами, не прошедшими испытания.

Образцы считаются выдержавшими испытание на криогенную солестойкость, если они сохранили свою форму, не имеют признаков размягчения и других видимых признаков разрушения.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИОГЕНООПАСНОСТИ РАСТВОРЕННЫХ ВЕЩЕСТВ

3.1. Предварительно криогеноопасность раствора оценивают по данным химического состава растворенных солей.

По содержанию катионов и анионов рассчитывают вещественный состав раствора, учитывая только те вещества, содержание которых превышает 1000 мг/л.

Далее по справочникам устанавливают температуру замерзания раствора эвтектического состава и производят предварительную оценку: при температуре замерзания эвтектики -30°C и ниже раствор относят к весьма криогенноопасному, при t_{33} в пределах от -3 до -30°C раствор относят к криогенноопасным и при t_{33} не ниже -3° раствор относят к криогеннонеопасным (приложение).

3.2. Окончательное определение степени криогенной опасности растворенных веществ производят экспериментально.

3.3. Пробу минерализованной воды отбирают в количестве не менее 20 л. Для удаления механических примесей воду фильтруют через вату. При необходимости длительного хранения для подавления биологической жизни в воде и предотвращения ее цветения в воду добавляют известь из расчета 1 г/л или портландцемент из расчета 3 г/л.

3.4. Пробу поровой воды из минерализованного грунта отбирают путем водных вытяжек. 100-200 кг грунта засыпают в ем-

кость и заливают таким же по объему количеством пресной воды, все тщательно перемешивают и дают отстояться. Осветленную воду сливают в другую емкость с фильтрованием через вату.

Концентрация соли в пробе должна быть не менее 25 г/л и не более 50 г/л. Если нужно увеличить концентрацию, то раствор оставляют открытым для естественного упаривания, а при необходимости уменьшить концентрацию - разбавляют пресной водой.

Объем одной пробы должен быть не менее 10 л.

3.5. При необходимости длительного хранения для предотвращения цветения в пробу рекомендуется добавлять известь или цемент в соответствии с п.3.4 настоящего Руководства.

3.6. Содержание соли в пробе рекомендуется определять методом высушивания.

В предварительно взвешенную фарфоровую чашку помещают 100 мл предварительно отфильтрованного раствора из пробы. Чашку с пробой устанавливают в лабораторный сушильный шкаф и высушивают при 103-105°C до постоянной массы.

Количество растворенной соли рассчитывают по формуле

$$S = 10(P_1 - P_2), \quad (2)$$

где S - содержание растворенного вещества, г/л;
 P_1 - масса чашки с твердым остатком после высушивания, г;
 P_2 - масса сухой чашки без пробы, г.

3.7. Изготавливают 6 образцов бетона размером 10х10х10 см. Расход материалов в кг на 1 м³ бетона: цемента - 330, песка кварцевого - 670, щебня с размером зерна не более 20 мм - 1150, воды затворения - 200; В/Ц = 0,61; ОК 8 см.

Образцы пропаривают по режиму 3 + 6 + 3 ч при температуре изотермического периода 80-85°C.

При испытаниях могут быть использованы образцы тяжелого бетона другого состава при условии, что они не содержат добавок гидрофобизаторов и колюматизирующих капиллярные поры веществ.

3.8. Три образца помещают в емкость и заливают испытуемым раствором с таким расчетом, чтобы слой раствора между дном и образцами и между образцами был не менее 2 см, чтобы верхние

2 см образца выступали из раствора. Расход раствора должен составлять 1,5-2 л на 1 л бетона, а содержание солей - не менее 25 г/л и не более 50 г/л.

Три других образца устанавливают в отдельную емкость и заливают аналогичным образом пресной водой.

3.9. Емкости с образцами устанавливают в холодильник и замораживают до температуры ниже начала замерзания раствора, но выше замерзания эвтектики, поддерживая эту температуру постоянной в течение 1 мес.

3.10. Образцы оттаивают и осматривают, принимая за эталон образцы, которые были заморожены в пресной воде. Если образцы бетона в растворе разрушились, то растворенные вещества признаются криогенноопасными. Если образцы сохранили свою форму, то их испытывают на сжатие по методике ГОСТ 10180-74. По полученным данным рассчитывают коэффициент криогенноопасности:

$$K = \frac{R_{сжр}}{R_{сжв}}, \quad (3)$$

где $R_{сжр}$ - предел прочности при сжатии как среднееарифметическое значение из испытания трех образцов, выдержанных в растворе испытываемых солей, кгс/см²;

$R_{сжв}$ - то же, выдержанных в пресной воде.

При $K < 0,85$ растворенные вещества признают криогенноопасными.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕР ПО ПОВЫШЕНИЮ КРИОГЕННОЙ СОПЕСТОЙКОСТИ

4.1. Изготавливают 9 образцов-кубов из бетона в соответствии с п.3.7 настоящего Руководства.

Три образца подвергают проверяемому виду защиты, а шесть образцов оставляют без защиты.

Защита может осуществляться путем оклеечной или окрасочной гидроизоляции, пропиткой водостойкими материалами, введением в состав бетона веществ, кальматирующих поры, объемной гидрофобизацией и т.п.

4.2. Приготавливают раствор поваренной соли из расчета 50 г NaCl на 1 л воды. Три защищенных и три незащищенных образца

устанавливают в емкость и заливают раствором соли с таким расчетом, чтобы верх образцов выступал на 1,5-2 см.

Расход раствора должен быть не менее 1,5 л на 1 л бетона. Три образца хранят в нормальных условиях до конца эксперимента.

4.3. Емкости с образцами устанавливают в холодильник, замораживают при температуре -15°C и выдерживают при этой температуре 1 мес. Допускается колебание температуры в пределах от -12 до -20°C .

4.4. Образцы оттаивают, осматривают и сравнивают с эталонными образцами, не подвергшимися замораживанию.

Защита признается достаточно эффективной, если потеря прочности образцов с защитой по сравнению с эталонными образцами, не подвергавшимися замораживанию, не превышает 15% (ГОСТ 10060-76).

ПРИЛОЖЕНИЕ

Классификация водных растворов некоторых веществ по криогенной опасности

Группа криогенной опасности	Формула вещества в гидратной форме	Эвтектика концентрации (безводной соли)		Количество молекул воды в кристаллогидрате ν_x	Температура замерзания эвтектики $t_{33}, ^\circ\text{C}$
		$S,$ г/100г	$m,$ молей 1000 г		
I Весьма криогенноопасны	$\text{KOH} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	51,7	9,22	4	-78
	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	49,5	3,05	6	-55
	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	43,9	3,95	6	-49,8
	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	62,6	4,66	2	-40
	$\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	68,9	4,98	6	-36,5
	$\text{FeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	43,7	3,45	6	-36,5
	$\text{MgCl}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	26,6	2,33	12	-33,5
II Криогенноопасны	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	74,8	4,55	4	-28,2
	$\text{NaOH} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	23,6	5,90	4	-28,2
	$\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	30,4	5,20	2	-21,2
	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	52,0	3,94	4	-20,0
	$\text{NaNNO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	39,1	5,67	2	-19,5
	NaNNO_3	61,3	7,21	0	-17,7
	KBr_2	45,6	3,83	0	-12,6
	$\text{KCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$	24,5	3,29	1	-10,6
	KHCO_3	20,4	2,04	0	-5,4
	$\text{MgSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	22,2	1,84	12	-4,8
III Криогеннонеопасны	KNO_3	11,1	1,10	0	-2,9
	NaHCO_3	6,7	0,80	0	-2,3
	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	6,1	0,57	10	-2,1
	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	7,0	0,44	1	-1,55
	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	4,2	0,33	10	-1,2
	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	0,18	0,024	0	-0,125

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения	3
2. Определение криогенной солестойкости материала	4
3. Определение криогеноопасности растворенных веществ	5
4. Определение эффективности мер по повышению криогенной солестойкости	7
Приложение	9

Руководство
по испытанию образцов строительных материалов
на криогенную солестойкость

Р 400-80

Издание ВНИИСТА

Редактор Г.К.Храпова
Корректор С.П.Михайлова
Технический редактор Т.В.Берешева

Л-60755	Подписано в печать 31/X 1980г.	Формат 60х84/16
Уч.-изд.л. 0,5	Печ.л. 0,75	Бум.л. 0,375
Тираж 650 экз.	Цена 5 к.	Заказ 94

Ротапринт ВНИИСТА