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.Бугримом и инж.В.В.Андреевым по результатам специальных исследований.

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

© Всесоюзный научно-исследовательский институт по строительству магистральных трубопроводов (ВНИИСТ), 1980

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

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

I.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.

I.3. Криогенная солестойкость - это способность материала сохранять свои свойства без разрушения при длительном пребывании в контакте с засоленным льдом при постоянной отрицательной температуре.

I.4. Разрушение образцов стройматериалов в контакте с засоленным льдом может происходить, если концентрация соли превышает I г на I000 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.

I.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

$$t_{н.з} = t_{зв} K^{a}_{нз}, \qquad (I)$$

где $t_{зэ}$ - температура замерзания эвтектики, °С;

$K_{нэ}$ - коэффициент насыщенности эвтектикой, рассчитываемый как отношение $K_{нэ} = C_1 : C_э$;

C_1 - концентрация раствора, г/л;

$C_э$ - 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°С существенно выше, чем при -3°С. 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 10x10x10 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°С 1,036 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°С и выдержать при этой температуре в течение 1 мес. Допускается колебание температуры в пределах от -13 до -18°С.

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°С и ниже раствор относят к весьма криогенноопасному, при $t_{зэ}$ в пределах от -3 до -30°С раствор относят к криогенноопасным и при $t_{зэ}$ 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 I0 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 I00 мл предварительно отфильтрованного раствора из пробы. Чашку с пробой устанавливают в лабораторный сушильный шкаф и высушивают при I03-I05°С до постоянной массы.

Количество растворенной соли рассчитывают по формуле

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

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. Изготовляют 6 образцов бетона размером I0xI0xI0 см. Расход материалов в кг на I м³ бетона: цемента - 330, песка кварцевого - 670, щебня с размером зерна не более 20 мм - II50, воды затворения - 200; В/Ц = 0,6I; ОК 8 см.

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

При испытаниях могут быть использованы образцы тяжелого бетона другого состава при условии, что они не содержат добавок гидрофобизаторов и кольматирующих 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 I,5-2 л на I 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 I мес.

3.I0. 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 I0I80-74. По полученным данным рассчитывают коэффициент криогеноопасности:

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

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

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

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

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕР ПО ПОВЫШЕНИЮ КРИОГЕННОЙ СОЛЕСТОЙКОСТИ

4.I. Изготовляют 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. Приготовляют раствор поваренной соли из расчета 50 г $NaCl$ на I л воды. Три защищенных и три незащищенных образца

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

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

4.3. Емкости с образцами устанавливают в холодильник , замораживают при температуре -I5°С и выдерживают при этой температуре I мес. Допускается колебание температуры в пределах от -I2 до -20°С.

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 I5% (ГОСТ I0060-76).

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 b_x	Температура замерзания эвтектики $t_{зэ}$, °С
		S, г/100г	m, молей/1000 г		
I Весьма криогенноопасны	$KOH \cdot 4H_2O$	51,7	9,22	4	-78
	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	49,5	3,05	6	-55
	$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	43,9	3,95	6	-49,8
	$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	62,6	4,66	2	-40
	$K_2CO_3 \cdot 6H_2O$	68,9	4,98	6	-36,5
	$FeCl_2 \cdot 6H_2O$	43,7	3,45	6	-36,5
	$MgCl_2 \cdot 12H_2O$	26,6	2,33	12	-33,5
II Криогенноопасны	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	74,8	4,55	4	-28,2
	$NaOH \cdot 4H_2O$	23,6	5,90	4	-28,2
	$NaCl \cdot 2H_2O$	30,4	5,20	2	-21,2
	$Ca(NO_2)_2 \cdot 2H_2O$	52,0	3,94	4	-20,0
	$NaNO_2 \cdot 2H_2O$	39,1	5,67	2	-19,5
	$NaNO_3$	61,3	7,21	0	-17,7
	KBr	45,6	3,83	0	-12,6
	$KCl \cdot H_2O$	24,5	3,29	1	-10,6
	$KHCO_3$	20,4	2,04	0	-5,4
	$MgSO_4 \cdot 12H_2O$	22,2	1,84	12	-4,8
III Криогенноопасны	KNO_3	11,1	1,10	0	-2,9
	$NaHCO_3$	6,7	0,80	0	-2,3
	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	6,1	0,57	10	-2,1
	$K_2SO_4 \cdot H_2O$	7,0	0,44	1	-1,55
	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	4,2	0,33	10	-1,2
	$Ca(OH)_2$	0,18	0,024	0	-0,125

СОДЕРЖАНИЕ

I. 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 60x84/16
Уч.-изд.л. 0,5 Печ.л. 0,75 Бум.л. 0,375
Тираж 650 экз. Цена 5 к. Заказ 94

Ротапринт ВНИИСТа