

УДК 691.213.4 : 536.485

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

З. А. Ацагорцян, Г. П. Птукян, Ф. М. Вартанян

О повышении морозостойкости туфа в климатических
условиях Севера

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР М. З. Симоновым 2/III 1982)

Вулканические туфы Армении, широко применяемые в строительстве с древних времен, отличаются стойкостью к атмосферным воздействиям. Многочисленные испытания показали, что большинство туфов Армении, а именно туфы арктического, анийского, ереванского и бюраканского типов, несмотря на их значительную пористость, достаточно морозостойки. Они нашли применение в качестве облицовочного камня во многих районах Советского Союза.

В связи с применением арктического туфа в облицовке здания Усть-Илимской ГЭС мы специально исследовали его морозостойкость с учетом суровых климатических условий района строительства с температурой до -55° (1).

В соответствии с ГОСТом 7025—78 испытания на морозостойкость стеновых и облицовочных материалов проводятся при попеременном замораживании на температуру минус $15-20^{\circ}$ и оттаивании в воде при температуре плюс $15-20^{\circ}$. Для бетонов по ГОСТу 10060—76 имеется также ускоренный метод испытания с замораживанием при температуре минус $50 \pm 2^{\circ}$, при этом количество циклов замораживания и оттаивания в 5—10 раз меньше, чем при температуре замораживания минус $15-20^{\circ}$.

Мы провели параллельно со стандартной методикой по ГОСТу 7025—78 также испытания с замораживанием при температуре -55° . Результаты оказались неожиданными — арктический туф при одинаковом количестве циклов испытаний при температуре замораживания -55° показал лучшее сопротивление морозному выветриванию, чем при -15° .

Как видно из табл. 1, показатели морозостойкости туфов после 150 циклов испытаний, а именно потеря прочности и потеря массы образцов, во всех случаях ниже, когда температура замораживания составляет -55° . В чем причина?

Известно, что поглощенная каменным материалом вода под влиянием поверхностных сил капилляров замерзает не при 0° , а при более низкой температуре — в зависимости от поперечного размера капилляров. Чем меньше радиус поперечного сечения капилляров, тем ниже температура замерзания. При наличии капилляров с радиусом менее 0,1 мкм (ультрамикрокапилляры) вода в них замерзает

при температуре ниже -15° . В таком случае замораживание камня ниже -15° приведет к увеличению объема образовавшегося в камне льда, т. е. к ухудшению его морозостойкости.

Исследование пористой структуры туфов арктического типа ⁽¹⁾ показало почти полное отсутствие в них ультрамикрокапилляров, по-

Показатели морозостойкости туфов арктического типа после 150 циклов испытаний, %

Таблица 1

Температура	Показатель	Месторождение		
		Арктическое	Мараликское	Пемзашенское
	Потеря прочности	7,06	5,59	0,22
	Потеря массы	0,35	0,49	0,36
-55°	Потеря прочности	5,67	0,43	0,00
	Потеря массы	0,23	0,32	0,26

этому снижение температуры замораживания не должно было увеличить объема льда в камне, образовавшегося до температуры -15° . Следовательно, нет причин для снижения морозостойкости арктических туфов при их замораживании до температуры -55° и ниже. Но все же чем объяснить повышение морозостойкости?

З. А. Анагорцяном была высказана гипотеза о том, что снижение температуры ниже -15° должно приводить к уменьшению давления льда на стенки пор арктического туфа вследствие повышенных температурных деформаций льда по сравнению с туфом. Действительно, коэффициент линейной температурной деформации льда составляет $51 \cdot 10^{-6}$, а арктического туфа $-5,2 \cdot 10^{-6}$, т. е. при снижении температуры лед сокращается почти в 10 раз больше, чем туф. Таким образом, чем ниже температура замораживания, тем выше морозостойкость туфа.

Чтобы не осталось сомнения в правильности этого положения, мы поставили специальные опыты для подтверждения наблюдаемого феномена. Были сняты графики деформаций водонасыщенных туфовых образцов при снижении температуры от $+20^{\circ}$ до -70° и обратного повышения от -70° до $+20^{\circ}$ при двух степенях насыщения образцов — погружением в воду и капиллярным подсосом (рис. 1). Там же показаны температурные деформации сухого образца туфа.

Рассмотрение этого графика показывает, что в начальный период, примерно до -8° , происходит сокращение водонасыщенного образца, дальше до -13° — резкое расширение образца вследствие льдообразования, затем до -70° идет сокращение образца, более резкое, чем сокращение сухого образца, из-за стягивающего действия льда. При обратном ходе температуры мы наблюдаем остаточную деформацию камня при $+20^{\circ}$, что вполне объяснимо.

При капиллярном насыщении камня мы имеем почти тот же процесс, но с меньшими объемными изменениями из-за меньшего количества поглощенной образцом воды.

На рис. 2 показаны сравнительные кривые деформации при за-

моразивании туфов арктического типа из 3-х месторождений: Арктического, Мараликского, Пемзашенского. Характер кривых одинаков, но предельные деформации тем меньше, чем больше предел прочности туфа при сжатии: соответственно 57, 110 и 170 кгс/см². Этим проч-

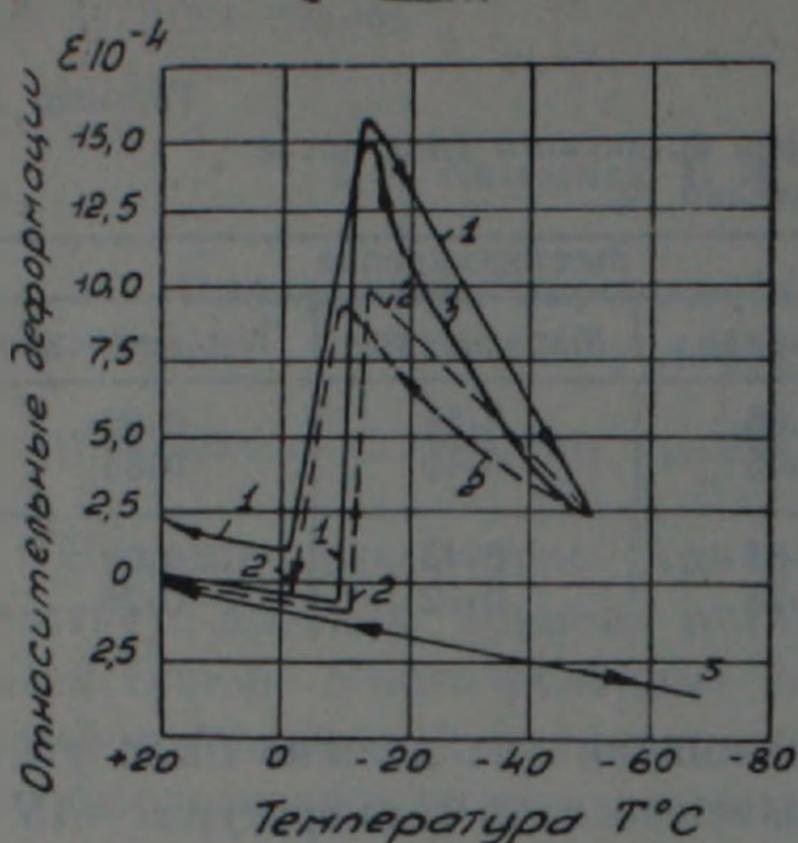


Рис. 1. Деформации образца туфа Арктического месторождения при замораживании и размораживании. 1—образец насыщен погружением в воду; 2—образец насыщен капиллярным подсосом воды; 3—образец высушен до постоянной массы

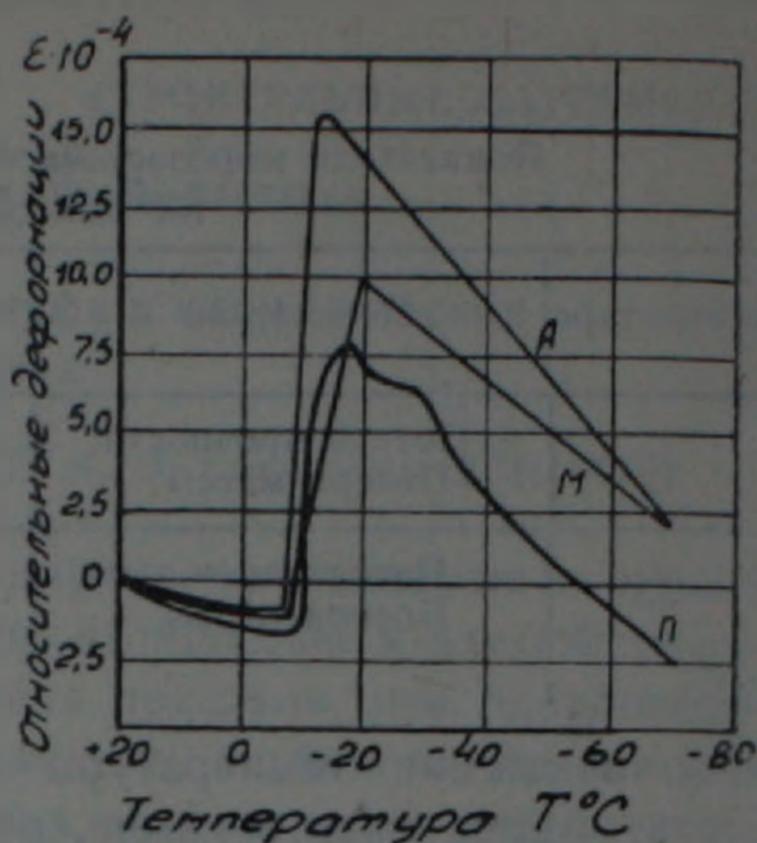


Рис. 2. Сравнительные кривые деформации туфов арктического типа при замораживании образцов, предварительно насыщенных погружением в воду. Туфы из месторождений: А—Арктического, М—Мараликского, П—Пемзашенского

ностям соответствуют расчетные модули упругости —21400, 33000 и 44000 кгс/см² по формуле $E = 10000 + 200R_{сж}$ (²).

Приведенные графики подтверждают снижение давления льда на стенки пор при температуре ниже —15°*.

Исследованы также изменения динамического модуля упругости туфов арктического типа в процессе их замораживания (табл. 2).

Таблица 2

Изменения динамического модуля упругости арктического туфа при замораживании

№ образца	Динамический модуль упругости при температуре в °С, кгс/см ²					
	+20	-10	-15	-25	-40	-50
1	25200	29240	31860	31700	31420	31235
2	17640	26575	29730	29660	29520	28885

Как явствует из табл. 2, при снижении температуры ниже —15° начинается закономерное уменьшение динамического модуля упругости замороженных туфовых образцов, свидетельствующее о расслаблении системы туф — лед с образованием неплотностей, что

*При оттаивании туфовых образцов происходит более интенсивное расширение льда, чем камня, но при этом, по-видимому, заполняются лишь неплотности, образованные между льдом и камнем в процессе замораживания.

приводит к уменьшению давления льда на стенки пор, а следовательно и повышению морозостойкости.

Таким образом, феномен повышения морозостойкости туфов арктического типа в условиях особо низких температур можно считать экспериментально-теоретически доказанным.

Научно-исследовательский институт камня и силикатов Министерства промышленности строительных материалов Армянской ССР

Զ. Ա. ՀԱՅԱԳՈՐԾՅԱՆ, Գ. Փ. ՓՔՈՒԿՅԱՆ, Յ. Մ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

Հյուսիսի կլիմայական պայմաններում տուֆի սառնակայունության բարձրացման մասին

Կատարվել են արթիկյան տուֆերի սառնակայունության փորձարկումներ, թե՛ ընդունված եղանակով, երբ սառեցումը կատարվում է մինուս 15°C ջերմաստիճանում, և թե՛ մինուս 55°C ջերմաստիճանում, որ համապատասխանում է Սովետական Միության հյուսիսային շրջանների պայմաններին: Անսպասելիորեն պարզվել է, որ այդ տուֆերը ավելի բարձր դիմադրություն են ցույց տալիս մինուս 55°C սառեցման փորձարկումներին: Այս երևույթը բացատրելու համար ուսումնասիրվել են սառեցման պրոցեսում նմուշների դեֆորմացիաները և նրանց առաձգականության մոդուլի փոփոխությունները, ինչպես և տուֆի մեջ ծակոտիների ծավալի բաշխումն ըստ նրանց չափերի: Ստացված արդյունքների վերլուծությունը տեսական դրույթների համադրությամբ ապացուցում է, որ երևույթը միանգամայն բնականոն է և հետևանք է տուֆի ծակոտիների բարենպաստ ստրուկտուրայի:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ Յ. Ա. Աչաгорцян, Փ. Մ. Вартанян, „Строительные материалы“, № 3, 1979.

² Յ. Ա. Աչагорцян, Природные каменные материалы Армении, Стройиздат, М., 1967.