

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОПАЛО – ХАЛЦЕДОНОВОЙ
ВЫСОКОКРЕМНЕЗЕМистой ОПОКИ В КАЧЕСТВЕ НАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ
САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ БЕТОНОВ
INVESTIGATION OF THE OPAL - HALCEDONIC HIGH - CRYSTALIZED
ODORA AS A FILLER FOR SELF - COMPLETED CONCRETE**

Искалиева А. Ж., Iskaliyeva A. Zh., ст.гр. ПСМИК 14-2 МОК (КазГАСА), student of group MBMPC IEC (KazLAAC), almira.iskalieva@mail.ru

Колесникова И. В., К. И., д.т.н., академ.проф. МОК (КазГАСА), doctor of engineering, academic professor IEC(KazLAAC), kolesnikova_inna_00@mail.ru

**Казахская головная архитектурно-строительная академия
Kazakh Academy of Architecture and Civil Engineering**

***Аннотация.** Изучена возможность использования опоки Шиповского месторождения в виде природной и термолитовой тонкодисперсной добавки для получения самоуплотняющихся бетонов. Получен эффективный состав бетона с прочностью 65,2 МПа при использовании в качестве замены цемента 20% молотой опоки.*

Studied the possibility of using the flask Shipovskoe field in the form of natural and material finely dispersed additives for self-compacting concrete. The effective composition of concrete with a strength of 65.2 MPa when used as a replacement of cement 20% young flask

***Ключевые слова:** молотая опок; обожженная молотая опока; тонкомолотая гидравлически активная добавка; водопотребность; прочность; растворная составляющая бетона; самоуплотняющийся бетон.*

***Key words:** ground mold; burnt ground milled; thin-milled hydraulically active additive; water demand; strength; mortar component of concrete; self-compacting concrete.*

Самоуплотняющиеся бетоны (СУБ) в мировой практике производства сборных и монолитных строительных конструкций за более чем два десятилетия подтвердили функциональную, технологическую и экономическую эффективность. СУБ применяются как для изготовления конструкций общестроительного назначения, так и для уникальных объектов. Особенностью СУБ является сложность и многокомпонентность состава, включающего различные функциональные добавки. Учитывая этот фактор, а также целесообразность применения для получения бетонов местных сырьевых материалов, проблемным является установление общих закономерностей при подборе состава бетона, а также требуется изучение возможности и эффективности применения местного сырья [1].

В Казахстане только формируется запрос строительных организаций на монолитные СУБ, заводы ЖБИ также проявляют активный интерес к этому виду бетона, прежде всего, из-за возможности отказаться от длительного цикла ТВО, сокращения энергопотребления, и, как следствие, снижения себестоимости продукции. Первый опыт получен компанией ВІ-групп на строительных объектах г. Астаны. АО НИИСТРОМпроектом были проведены успешные исследования по подбору состава СУБ для монолитных работ.

В настоящее время строительный комплекс ЗКО РК интенсивно развивается. СУБ могут найти свое применение для сборных железобетонных конструкций для жилищного, промышленного строительства, а также для изделий специального назначения для нефтегазовой отрасли и других коммуникаций. Кроме того, в условиях дефицита крупного заполнителя, характерного для г.Уральска, актуальным является также применение обычных мелкозернистых бетонов. В свою очередь, их использование сдерживается из-за повышенной водопотребности и увеличения расхода цемента. Известно, что эффективным в этом случае может быть также применение тонкомолотой добавки: как замещение части

цемента, как компонента, повышающего однородность бетонной смеси, показатели прочности при растяжении, морозостойкость, водонепроницаемость.

В связи с этим, представляет интерес исследовать возможность получения бетонов в г. Уральск с использованием местного сырья. В ЗКАТУ им. Жангир Хана проводятся успешные исследования по получению термолита на основе местной опоки и использованию термолитового щебня в бетонах [2]. Однако, исследований по возможности и эффективности применения опоки и термолита в качестве тонкодисперсной добавки в бетоны ранее не проводилось.

Были проведены эксперименты по использованию в качестве тонкодисперсной добавки (микронаполнителя) опоки Шиповского месторождения и термолитового порошка на ее основе, полученного при обжиге заполнителя. Местная опока отличается высоким содержанием аморфного кремнезема в виде опала и халцедона (табл. 1). Опока измельчалась до удельной поверхности 1700-1850 см²/г. Термолитовый порошок получали отсевом зерен фракцией менее 0,63 мм.

Таблица 1 – Химический состав опоки Шиповского месторождения

Компоненты	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
Опока	83,02	5,7	3,5	4,73	2	0,8

Для получения СУБ применяли портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н без добавки в соответствии с ГОСТ 30515-2013 «Цементы. Общие технические условия» производитель АО «Central Asia Cement» г. Актау, щебень «Жаман-тау» месторождения в соответствии с ГОСТ 31424 фракции 5-10. В качестве мелкого заполнителя использовались песок для строительных работ (ГОСТ 8736-2014) и термолитовый песок модулем крупности $M_{кр}=2$. В качестве СП использовалось ПАВ на поликарбоксилатной основе MasterGlenium Ace 47, в качестве стабилизатора MasterRoc MS 610.

При получении СУБ рекомендуется вводить 1,3...4,5% СП [3]. Было установлено, что при изготовлении равнолитой смеси с распылом конуса (ГОСТ 10181-2014) 300 мм при введении 1,5% не обеспечивается однородности смеси и характерна высокая водопотребность, низкая прочность. Повышенная водопотребность смеси и низкая прочность раствора объясняется превалированием эффекта повышения В/Ц вследствие введения тонкодисперсного компонента и, соответственно, снижения прочности над эффектом повышения прочности в результате связывания гидроокиси кальция твердеющего раствора аморфным кремнеземом опоки.

Эффективное количество СП для получения распыла 30 см составило 3,5-3,8 % (табл.2, рис. 1). Замещение цемента опокой 10%. Дальнейшие эксперименты проводились с содержанием СП 3,5%. Снижение расслоения введением тонкодисперсной минеральной части не удалось, вводили стабилизатор в количестве 0,7-1,5%.

Таблица 2 – Влияние СП MasterGlenium Ace 47 на водопотребность и однородность растворной составляющей бетона

Количество СП, %	В/Ц	Прочность при сжатии, МПа, 3 сут	Однородность смеси, визуально
1,1	0,51	18,2	расслоение
1,8	0,46	19,73	расслоение
2,3	0,435	21,35	расслоение
2,8	0,426	24,67	расслоение
3,3	0,40	27,8	расслоение умеренное
3,5	0,387	29,85	незначительное расслоение
3,8	0,38	30,15	незначительное расслоение



Рисунок 1 – Расслоение бетона с В\Ц 0,6 с 5% опоки

Определение оптимального количества и влияния вида опоки (природной и обожженной) на свойства бетона показало эффективность замены цемента 20% природной опокой (табл. 3, рис. 2).

Таблица 3 – Влияние наполнителя из опоки в зависимости от способа его получения на прочность растворной составляющей

Прочность при сжатии 3/ 28 сут, МПа образцов с использованием	Содержание опоки, % замещения цемента					
	0	5	10	15	20	25
природной опоки	26,5/ 45,2	32,7/ 61,9	30,2/ 64	27,8/ 65,7	27,1/ 61,2	23,1/ 46,6
обожженной опоки	26,5/ 45,2	33,5/ 60,1	33,5/ 56	32,2/ 54,2	31,8/ 49,3	22,7/ 42



1



2

Рисунок 2 – Образцы бетона на основе природной (1) и обожженной(2) опоки.

Прочность при сжатии образцов при этом возрастает на 35-45%. Это согласуется с известными представлениями о механизме действия гидравлически активных добавок, к которым относится и применяемая в исследовании опока. При введении обожженной опоки прочность практически не изменяется.

Гидравлическая активность опало-халцедоновой опоки обусловлена химическим взаимодействием входящего в ее состав аморфного кремнезема с известью, которая образуется при гидратации цемента в результате гидролиза C_3S . Продуктом взаимодействия являются низкоосновные гидросиликаты кальция типа C-S-H (В), гидроалюминаты и гидроферриты кальция, которые увеличивая гелевую составляющую цементного камня, повышают плотность, улучшают прочностные и деформативные свойства бетона. Кроме того, т.к. дисперсность частиц добавки соизмерима с размерами зерен цемента, наблюдается пластифицирующий эффект, проявление которого повышается с увеличением (до оптимального) количества вводимой добавки. [5]

Термолитовый наполнитель, полученный из опоки, менее эффективен в повышении прочности растворной части бетона в нормальных условиях твердения, но несколько повышается при ТВО. Как предполагают ученые, это предлагается тем, что чем меньше будет разрушена решетка кварца, тем выше будет его активность в качестве минеральной добавки. Причем, при ТВО прочность возрастает. Однако,

введение термолитового порошка также целесообразно, т.к. как показывают известные исследования, в этом случае возрастает трещиностойкость бетона [2].

При получении СУБ с использованием опоки применяем рекомендуемые соотношения компонентов в СУБ [3]. Исходя из рекомендаций, на основе экспериментов был получен составы СУБ с использованием в качестве тонкозернистой добавки исследуемой опоки. В качестве мелкого заполнителя использовался термолитовый песок и строительный песок (табл.4, рис.3). На термолитовом песке прочность образцов ниже в связи с повышением водопотребности из-за присутствия значительного количества тонких фракций, а также в связи со снижением плотности бетонов. При ТВО прочность повышается, предположительно, за счет активации песка.

Таблица 4 – Составы и прочность при сжатии СУБ с использованием наполнителя из природной опоки Шиповского месторождения, строительного и термолитового песка на основе опоки.

Соста-вы СУБ	Цемент, кг/м ³	Песок, кг/м ³	Щебень, кг/м ³	Опока, природная / обожженная, г/м ³	В/Ц, строит.песок /термолитовый песок	СП MasterGlenium Ace 47, %	Стабилизатор MasterRoc MS 610, %	Рсж, 28 сут н.у./ ТВО 13 ч.
На строи-тель-ном песке	342	462	350	68	0,6	3,5	0,7	65,2/ 63,1
На термо-ли-товом песке	342	462	350	68	0,67	4	1,5	54,1/57,3



1



2

Рисунок 3 – Образцы СУБ с термолитовым песком при В/Ц 0,6 (1) и 20% замещением цемента природной опокой (2)

Таким образом, проведенные исследования показали эффективность применения для СУБ и обычных мелкозернистых бетонов тонкодисперсной опоки Шиповского месторождения. Использование исследуемого наполнителя обеспечивает высокую прочность бетона при обеспечении требуемых реологических свойств и однородности бетонной смеси. Применение полученного на ее основе термолитового порошка может быть целесообразно при использовании в бетонах, подвергаемых ТВО. Применение термолитового песка снижает прочность бетонов в сравнении с образцами, полученными на песке общестроительного назначения из изверженных горных пород.

Библиографический список:

1. Калашников В.И. Расчет составов высокопрочных самоуплотняющихся бетонов./ Калашников В.И. // Строительные материалы – 2008- №10.
2. Патент №30783. 05.01.2015. Способ получения искусственного щебня.// Патент Казахстана №30783. Бюл. №12./ Монтаев С.А., Таскалиев А.Т., Шакешев Б.Т. и др.
3. Калашников В.И. Через рациональную реологию в будущее бетонов. Ч. 3: От высокопрочных и особо высокопрочных бетонов будущего к суперпластифицированным бетонам общего назначения настоящего//Технологии бетонов. 2008. № 1. С. 22-26.
4. Рекомендации по подбору составов бетонных смесей для тяжелых и мелкозернистых бетонов./ Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ. – Москва 2016 г – 100 с.
5. Коровкин М.О., Ерошкина Н.А. Влияние опоки и суперпластификатора на свойства цемента / Коровкин М.О., Ерошкина Н.А. // Инженерный вестник Дона. – 2016 - №4.