

# Преимущества применения высокоактивного метакеолина в бетонах и сухих строительных смесях

*Введение. Что такое метакеолин?*

Высокоактивный метакеолин (ВМК) – это искусственно изготовленная пуццоловая добавка, обладающая наиболее высокой активностью среди имеющихся на рынке активных минеральных добавок.

В частности, метакеолин способен связать извести примерно в 2,5 раза больше, чем широко применяемый в стройиндустрии микрокремнезем (МК).

Основной отличительной особенностью метакеолина от микрокремнезема является его химическая природа. В отличие от МК, метакеолин является смесью активного кремнезема и глинозема почти в равных пропорциях, т.е., является не силикатным, а алюмосиликатным пуццолоном.

Кстати, изначально, пуццолана – та самая, что дала название современным активным минеральным добавкам и применявшаяся древними римлянами еще до нашей эры, позволившая им возводить постройки, сохранившиеся сквозь тысячелетия до нашего времени, представляла собой именно алюмосиликатный вулканический материал.

## Особенности метакеолина

Итак, метакеолин наряду с микрокремнезем является высокоактивной пуццоловой добавкой в бетоны и растворы. При этом его характеризует целый ряд особенностей. Рассмотрим их кратко.

Метакеолин является термически обработанным каолином. При этом, он наследует от каолина многие его полезные физические свойства, в частности:

- Метакеолин обладает светлым цветом (обычно от белого до кремового). Это свойство делает метакеолин практически безальтернативным материалом для модификации составов на основе белых и цветных цементов, с целью повышения их атмосферостойкости, водонепроницаемости и, как следствие, долговечности.
- По своей форме метакеолин представляет пластинчатые частицы среднего размера порядка 1-2 микрон. Эти частицы примерно на порядок мельче частиц портландцемента, прекрасно достраивая его гранулометрию.

Поэтому, введение метакеолина в цементные бетоны позволяет:

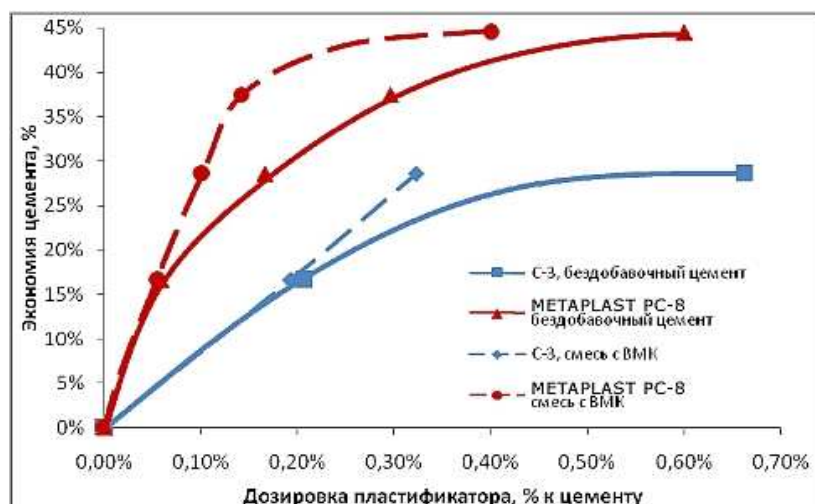
- Повысить пластичность и удобоукладываемость бетонных смесей.
- Облегчить отделку бетонных поверхностей методами затирки и заглаживания, благодаря отсутствию липкости бетона к инструменту и хорошей тиксотропии.
- Существенно снизить расход суперпластификаторов, необходимых для компенсации загущающего эффекта при введении тонкодисперсной добавки к цементу. В частности, при рациональном подборе дозировки метакеолина и пластификатора, удобоукладываемость бетона с метакеолином может оказаться даже выше удобоукладываемости бетона того же состава с тем же количеством пластификатора, но без метакеолина.

В части экономии цемента, что является особенно насущным в последнее время в связи с его резким подорожанием, метакеолин проявляет поистине синергетические свойства с пластификаторами.

Ниже приведен график, показывающий равноподвижные бетонные смеси с равным водовязущим отношением (т.е., практически равнопрочные).

Непрерывные кривые показывают, какую экономию бездобавочного цемента позволяют обеспечить пластификаторы при различной дозировке. На графиках показана эффективность нафталинсульфонатформальдегидного суперпластификатора «С-3» (Россия) и поликарбоксилатного гиперпластификатора FOX-8Н (Китай-Канада).

Пунктирные линии показывают эффективность пластификаторов в смеси, в которой 10% ПЦ замещено метакеолином.

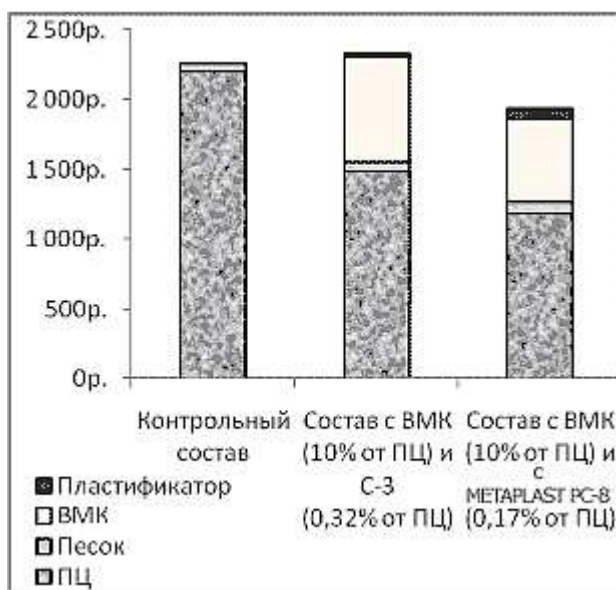


Данные графика отчетливо показывают, что замещение части цемента метакеолином позволяет существенно снизить количество пластификатора, требуемое для достижения заданного уровня экономии вяжущего, либо обеспечивает большую экономию вяжущего при той же дозировке пластификатора.

Если рассмотреть эти же данные с экономической точки зрения, то очевидно, что сочетание ВМК и высокоэффективного поликарбоксилатного гиперпластификатора обеспечивает повышение качества бетона при одновременном снижении его себестоимости.

	Контрольный состав	Состав с ВМК (10% от ПЦ) и С-3 (0,32% от ПЦ)	Состав с ВМК (10% от ПЦ) и FOX-8Н (0,17% от ПЦ)
--	--------------------	--	---

ПЦ	Дозир.	400	270	216
	Цена	5,50р.	5,50р.	5,50р.
	Стоим.	2 200,00р.	1 485,00р.	1 188,00р.
Песок	Дозир.	600	700	784
	Цена	0,10р.	0,10р.	0,10р.
	Стоим.	60,00р.	70,00р.	78,40р.
ВМК	Дозир.	0	30	24
	Цена	0,00р.	25,00р.	25,00р.
	Стоим.	0,00р.	750,00р.	600,00р.
Пластификатор	Дозир.	0	0,86	0,37
	Цена	0,00р.	26,80р.	187,50р.
	Стоим.	0,00р.	23,16р.	68,85р.
Итого стоим.		2 260,00р.	2 328,16р.	1 935,25р.
<i>Эффект</i>		-	-68,16р.	324,75р.



В таблице и на диаграмме представлена стоимость цемента, песка, метаксаолина и пластификатора на кубометр бетона (то есть, стоимсоть кубометра бетона без учета стоимости щебня). Итак, стоимсоть бетона с добавлением метаксаолина и FOX-8Н ниже контрольного состава на 325 руб/м.куб.

При этом, улучшаются такие свойства бетона, как:

- его непроницаемость, химической стойкость – за счет введения пуццолановой добавки;
- снижаются усадочные деформации, ползучесть под нагрузкой и повышается трещиностойкость – за счет снижения количества вяжущего.

*Здесь следует сделать оговорку. Эффективность различных пластификаторов в смесях, содержащих метаксаолин различна. В частности, нафталинсульфонатные суперпластификаторы (широко известный С-3) значительно снижают свою эффективность в присутствии ВМК. В то же время, другие виды пластификаторов, в частности, лигносульфонатные, меламиноформальдегидные и поликарбоксилатные, показывают высокую пластифицирующую способность на составах с применением метаксаолина.*

**Высокое содержание активного глинозема** обуславливает химические особенности этой добавки.

- Глинозем способен связывать в несколько раз больше извести по сравнению с кремнеземом, что и обуславливает более высокую пуццоланическую активность метаксаолина по сравнению с МК.
- Помимо связывания щелочноземельных металлов (гидроокисей кальция и магния), метаксаолин способен надежно связывать и щелочи, содержащиеся в портландцементе, либо попадающие в бетон с добавками (в частности, противоморозными) или извне (например, антиобледенительные составы). Это обеспечивает надежную защиту бетонных конструкций от таких проблем, как силикатно-щелочная реакция, а так же выделение щелочей на поверхности изделий в виде высолов, ухудшающих внешний вид изделий и конструкций.

Метаксаолин является основным компонентом нового типа вяжущих веществ под общим названием «геополимеры». Эти новые экологически чистые вяжущие, обладают целым комплексом уникальных свойств, таких как: высокая прочность и стойкость в различных средах, высокая непроницаемость даже для радионуклидов, прекрасная адгезия к различным материалам, прекрасная термостойкость. Механизм действия этих вяжущих как раз основан на способности силиката алюминия вступать в химическое взаимодействие со щелочами и щелочными силикатами. Задолго до появления красивого термина «геополимеры», в России такие составы называли «щелочно активированные алюмосиликаты».

Алюминатная составляющая метаксаолина способна активно взаимодействовать с гипсом, содержащимся в портландцементе, либо добавляемым специально в цементные составы. Контролируемое образование этtringита на ранних этапах твердения бетонов и растворов позволяет существенно снижать усадочные деформации и даже получать безусадочные и расширяющиеся составы.

#### *Области применения метаксаолина:*

Перечисленные выше особенности метаксаолина определяют следующие основные области его применения.

**Тяжелые бетоны**, в том числе, высокопрочные и самоуплотняющиеся.

Снижение дозировки цемента при производстве бетонов всегда являлось целевой функцией задачи оптимизации состава бетонной смеси. Это важно как с экономической точки зрения, что особенно актуально в последнее время, в связи с интенсивным ростом цен на цемент, так и с точки зрения повышения характеристик бетонов, в частности, снижения их ползучести и усадочных деформаций.

В сочетании с применением высокоэффективных пластификаторов, метаколин позволяет существенно снизить количество цемента в рецептурах бетонов, особенно, в бетонах с повышенными требованиями к водонепроницаемости и морозостойкости. Опыт показывает, что уже при дозировке 2% к ПЦ метаколин значительно повышает водонепроницаемость получаемых составов.

При этом, в рецептурах высокопрочных бетонов, снижение требуемого количества метаколина и суперпластификаторов по сравнению с составами, содержащими МК ведет к дополнительному снижению себестоимости рецептур. Обычная дозировка ВМК - 3-5% к ПЦ.

Преимущества:

- Повышение ранней и конечной прочности и непроницаемости
- Повышение седиментационной стойкости
- Улучшение пластичности и перекачиваемости

**Легкие бетоны**, в том числе, ячеистые бетоны пониженной плотности

Введение метаколина в рецептуры ячеистобетонных смесей позволяет повысить прочность ячеистых бетонов при заданной плотности, или снизить плотность при заданной прочности.

Это обусловлено двумя факторами:

- Улучшение структуры пены за счет содержания тонкодисперсных пластинчатых частиц.
- Повысить прочность межпоровых перегородок за счет повышения прочности цементного камня.

Имеется положительный опыт применения метаколина и в автоклавных ячеистых бетонах. В этом случае, применение ВМК позволяет стабилизировать сроки схватывания газобетона, позволяя облегчить выбор времени резки монолита на блоки при помощи струны.

**Составы на основе ГЦПВ** (штукатурные составы, ровнители для полов)

Для надежного предотвращения неконтролируемого оразования этtringита в ГЦПВ составах, достаточно введения 10% метаколина к содержащемуся в ГЦПВ портландцементу. Это приводит к дозировке ВМК всего лишь в количестве 1-2% ко всей рецептуре состава. Такие низкие дозировки метаколина в сочетании со снижением требуемого количества суперпластификатора обеспечивают хороший экономический эффект в ГЦПВ рецептурах.

В рецептурах самовыравнивающихся смесей метаколин существенно улучшает стойкость смеси к расслоению, повышая, тем самым ее качество. Это так же верно и для цементных самовыравнивающихся смесей.

**Цементно-известковые составы**

Цементно-известковые штукатурки очень популярны благодаря высокой пластичности и технологичности. Замена части извести (до 50%) в этих составах на метаколин позволяет повысить прочность и атмосферостойкость этих штукатурок без ухудшения их технологичности.

При этом, получаемые штукатурные составы обладают повышенными защитными свойствами к нижележащим слоям, водонепроницаемы и стойки к высолообразованию. Это позволяет формулировать высокоэффективные минеральные декоративные фасадные штукатурки, в том числе, на основе белого цемента.

**Другие цементные составы**

Высокая эффективность метаколина в сочетании с высокой технологичностью получаемых с его применением составов, делают метаколин прекрасным модификатором для материалов, поверхность которых отделяется методами затирки и заглаживания, в частности, ремонтных составов для бетона и материалов для устройства бетонных покрытий полов (упрочнителей), в затирочных составах для межплиточных швов и др.

**Материалы на других видах вяжущих**

Метаколин проявляет поистине потрясающую универсальность, и позволяет значительно повышать водостойкость материалов на других видах вяжущих, в частности:

- На основе магнезиального вяжущего - метаколин позволяет не только повысить водостойкость этого вяжущего, но и частично решить проблему нестабильности состава применяемого сырья, связывая содержащиеся в нем известь, щелочи и гидроксид магния, образующуюся при медленной гидратации «пережженного» магнезита.
- На основе силикатных связок - вспомним те самые «геополимеры». метаколин способен реагировать со щелочными силикатами с образованием водостойких соединений.
- В термоизоляционных составах на основе ВГЦ, метаколин позволяет повысить термостойкость составов (остаточную прочность после прокаливании).

### *Известные проблемы*

Опыт применения метаколина нашими клиентами не всегда был положителен. Иногда клиенты жалуются на то, что им не удается получить ожидаемых результатов от своих составов.

Анализ неудачных опытов применения метаколина позволил нам сделать следующие выводы:

- Равно как и МК, ВМК, являясь тонкодисперсным порошком, склонным к флокуляции, требует обязательного введения в рецептуру эффективного диспергатора (пластифиаматора), а так же применения методов перемешивания, обеспечивающих равномерное распределение ВМК в смеси и его диспергирование.
- Несмотря на многие рекомендации зарубежных производителей вводить метаколин в дозировках до 20%, наш опыт показал, что для этого продукта выражение «Кашу маслом не испортишь» вряд ли верно. То есть, передозировка ВМК может сказаться на снижении прочности бетона (раствора), что может объясняться двумя факторами:
  - При недостатке извести и других материалов в бетоне (растворе), с которыми мог бы прореагировать ВМК, он становится инертным наполнителем, который только снижает прочность составов.
  - Высокие дозировки ВМК существенно изменяют гранулометрию всего состава. Избыток тонкодисперсной фракции так же негативно сказывается на структуре бетонов и растворов, и способен снизить их прочностные характеристики.