

**Перспективы получения цементных бетонов  
с минеральной добавкой на основе производственных отходов  
(гранитного отсева) РУПП «Гранит»**

Малаховская Т.А.

Научный руководитель – Смоляков А.В.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

За последних два столетия промышленное производство оказало огромное влияние не только на современную жизнь человека, но и поспособствовало глобальным изменениям экосистемы Земли. Всё чаще перед нами встают вопросы экологии, экономии и более рационального расходования природных ресурсов. И наиболее актуальны эти вопросы для добывающей промышленности, когда побочные продукты добычи сырья складываются под открытым небом, занимая полезные площади и, постепенно разносясь ветром, загрязняя близлежащие территории. Также стоит отметить, что в добыче побочных продуктов также задействуются денежные средства, которые не только не окупаются, но и приносят владельцу дополнительные расходы.

Одним из предприятий, решивших бороться с проблемой неиспользования побочных продуктов производства стал Микашевичский Гранит, где многотоннажные накопления гранитного отсева так и не нашли рационального прямого производственного использования ни в одной из отраслей народного хозяйства Беларуси.

Экспериментальные исследования их влияния на свойства бетона, а также бетона выявили ухудшение ряда прочностных и эксплуатационных характеристик (удобоукладываемости, средней плотности, прочности, роста проницаемости, снижение коррозионной и морозостойкости), что связано с высокой удельной поверхностью тонкодисперсных фракций и наличием микротрещин в структуре материала. Все это в целом показало нецелесообразность применения гранитного отсева в качестве заполнителя для бетона.

Однако гранит относится к типу кислых глубинных горных пород магматического происхождения, содержащих значительное количество  $\text{SiO}_2$  (более 65 %), а значит потенциально существует возможность проявления им эффектов, характерных для минеральных добавок с тонкодисперсными оксидами кремния. Известно, что добавка микрокремнезема в количестве 5...10 % от массы цемента в сочетании с пластифицирующими добавками I-ой группы (суперпластификаторами) позволяют получать быстротвердеющие и высокопрочные бетоны по литевой технологии, получившие названия «особопрочные», «особокачественные», «самоуплотняющиеся» бетоны. Однако микрокремнезем необходимого качества не выпускается промышленностью Беларуси из-за высокой стоимости. Вместе с тем рационален сам принцип или механизм действия «добавок-затравок» для использования их в качестве катализаторов процесса твердения и повышения темпа роста прочности цементного бетона или структурирования и повышения долговечности асфальтобетона.

В этой связи использование тонкоизмельченного гранитного отсева может оказаться более эффективным, чем применение его в качестве инертного наполнителя. Научной лабораторией кафедры «Технология бетона и строительные материалы» БНТУ были проведены исследования, и разработаны технологии получения портландцемента с минеральной добавкой на основе производственных отходов (гранитного отсева) РУПП «Гранит».

В процессе исследований выявилось влияние количественного содержания минеральной добавки – продукта помола гранитного отсева, в портландцементе на физико-технические свойства бетона. Во всех случаях был применен портландцемент с минеральной добавкой (гранитным отсевом) различной дозировки (0; 10; 20 и 30 % от массы клинкера), измельченной до тонкости помола  $S_{уд} \sim 3000 \text{ см}^2/\text{г}$  ( $300 \text{ м}^2/\text{кг}$ ), равной удельной поверхности цемента, сохраняя в бетоне примерно неизменным объемное содержание смешанного вяжущего (цементного теста). Методики выполнения от-

дельных экспериментов по каждому из стандартизированных свойств бетона соответствовали действующим стандартам.

Влияние тонкомолотой дисперсной добавки на нормальную густоту и сроки схватывания определялись по прибору Вика. Данные приведены в таблице 1.

Таблица 1. Нормальная густота цемента с добавкой и изменение сроков схватывания.

Вяжущее и количество введенной добавки в % от МЦ	$S_{уд}$ добавки, $см^2/г$	$K_{НГ}$	Сроки схватывания, час– мин	
			начало	конец
Цемент Д0	–	0,285	2 – 10	3 – 25
Д10	3000	0,260	2 – 15	3 – 45
Д20	3000	0,275	2 – 35	4 – 08
Д30	3000	0,270	2 – 56	4 – 46

Из данных эксперимента следует, что введение в цемент вещества добавки, характеризующейся меньшей водопотребностью, коэффициент нормальной густоты вяжущего с добавкой отсева незначительно, но снижается, а также введение в цемент минеральной добавки в виде тонкомолотой гранитной породы несколько увеличивает сроки схватывания с ростом ее дозировки.

Проверка равномерности изменения объема с пропариванием «лепешек» из теста нормальной густоты проверяемого вяжущего, показала, что введение в цемент до 30 % от его массы минеральной добавки молотого гранитного отсева не вызывает не равномерности изменений объема. При дозировках добавки более 30 % от МЦ и, особенно, при  $S_{уд} = 9000 - 6000 \text{ см}^2/г$  нарастает проявление усадочных трещин по центральной части образцов.

Водопоглощение бетона по массе зависит от количества в цементе минеральной добавки в виде молотого гранитного отсева и увеличивается, примерно, на 2,5 % – 5 % при введении миндобавки взамен 10...20 % клинкерного (бездобавочного) цемента; увеличение ее дозировки до 30 % сопровождается ростом водопоглощения

бетона на 12...13 %. Сочетание качественной добавки пластификатора и миндобавки из гранитного отсева позволяет получать бетон, состояние структуры которого по объему и размерам (сечению) капилляров открытой пористости соответствует бетону, приготовленному на бездобавочном портландцементе.

В таблице 2 приведены данные об относительной прочности и активности цементного камня, полученного на чистом цементе и при различных дозировках минеральной добавки. Из результатов испытаний следует, что введение добавки не только не снижает прочность пропаренного цементного камня, но и в дозировке до 30 % от массы цемента способствует ее росту. При этом оптимум приходится примерно на дозировку 15– 20% добавки. Увеличение дозировки миндобавки более 30% от массы цемента очевидно приводит к снижению проектной прочности бетона.

Таблица 2. Прочность бетона и активность цементного камня

Дозировка добавки, %	Средние значения прочности, МПа:		Относительная прочность цементного камня (пропаренного), %	Прочность цементного камня в возрасте 28 суток, МПа
	на изгиб	на сжатие		
0	6,8	49,5	100	66,5
10	6,8	51,6	108	70,1
20	6,5	49,0	118	79,8
30	5,7	46,6	102	66,6

Результаты предыдущих экспериментов свидетельствуют о росте прочности цементного камня с добавкой мелкого гранитного отсева при  $S_{уд} \sim 3000 \text{ см}^2/\text{г}$  в дозировке до 30 % от массы цемента. Данные результаты связаны с активирующим воздействием тонкодисперсных частиц  $\text{SiO}_2$  на процессы его твердения. Подтверждение этой гипотезы было подкреплено исследованиями с помощью «ДТА– анализа» и рентгено– фазового анализа проб.

Испытания на морозостойкость бетона показали, что в целом бетон на портландцементе с минеральной добавкой из молотого

гранитного отсева характеризуется достаточной для изделий общестроительного назначения морозостойкостью, соответствующей в дозировке 20 % маркам «F200» – «F300».

Оценка защитной способности бетона с миндобавкой из гранитного отсева по отношению к стальной арматуре показала, что бетон с миндобавкой в количестве до 25 % от массы цемента обеспечивает сохранность стальной арматуры без признаков ее активизации (коррозии) как по критериям для обычного армирования, так и в случае преднапряжения арматуры.

Эффективность полученных результатов всего исследования заключается в установлении возможности использования минеральной добавки в виде молотого отсева с целью экономии клинкерной составляющей цемента, что одновременно сократит количество потребляемой для изготовления цемента энергии. Введение в цемент 15– 20% молотого гранитного отсева допустимо с позиций обеспечения физико– технических свойств конструкционного бетона.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Батяновский Э.И. Особоплотный бетон сухого формования. – Мн.: НПО «Стринко», 2002. – 224 с.
2. Юхневский П.И., Широкий Г.Т. Строительные материалы и изделия: Учебное пособие. – Мн.: УП «Технопринт», 2004. – 476 с.
3. ГОСТ 310.0-5-88 Цементы. Методы испытаний.
4. ГОСТ 30459-96 Добавки для бетонов. Метод определения эффективности.
5. ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
6. СТБ 1545-2005 Смеси бетонные. Методы испытаний.