**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Грозненский государственный нефтяной технический университет
имени академика МД. Миллионщикова»**

На правах рукописи

****

**САЙДУМОВ**

Д иссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук





**МАГОМЕД САЛАМУВИЧ**

**ОТСЕВЫ ДРОБЛЕНИЯ БЕТОННОГО ЛОМА И ГОРНЫХ ПОРОД ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕТОННЫХ КОМПОЗИТОВ**

05.23.05 - Строительные материалы и изделия

**Научный руководитель доктор технических наук, профессор С-А.Ю. Муртазаев**

Грозный 2012

Содержание

ВВЕДЕНИЕ 5

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ

ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И ЗАРУБЕЖНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 15

1Л Отходы дробления бетонного лома - как материал для получения

заполнителей бетона 15

* 1. Опыт применения отсевов дробления бетонного лома и горных

пород в технологии бетона 24

* 1. Использование отсевов камнедробления в качестве активного

микронаполнителя для получения многокомпонентных вяжущих 31

* 1. Рабочая гипотеза 34

Цель и задачи диссертационной работы. 36

1. ПРИМЕНЯЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ 3 8
2. Материалы и их свойства 38
3. Отсевы дробления бетонного лома и горных пород 3 8
4. [Вяжущие вещества 43](#bookmark3)
5. [Добавки химические 44](#bookmark4)
6. [Методика проведения исследований 45](#bookmark5)
7. ЦЕМЕНТОБЕТОНЫ С ЗАПОЛНИТЕЛЯМИ ИЗ ОТХОДОВ

ДРОБЛЕНИЯ БЕТОННОГО ЛОМА И ГОРНЫХ ПОРОД 49

1. Изучение влияния пылевидной части отсевов дробления бетонного

лома и горных пород на прочность цементного камня 49

1. [Бетонные композиты на заполнителях из отсевов дробления 62](#bookmark6)
2. Влияние вида отсевов дробления на прочностные показатели

бетонных композитов 63

1. Повышение прочности бетонных композитов на основе

отсевов дробления путем механоактивации заполнителя 70

1. Влияние пластифицирующих добавок на свойства бетонных

композитов



з

* 1. Структура и свойства бетонных композитов, полученных с применением отсевов дробления без их обогащения и фракционирования 88
		1. Структура бетонных композитов на основе отсевов щебня 90
		2. Прочность контактной зоны заполнителя и цементного камня 95
		3. Истираемость бетонных композитов на различных отсевах

дробления 101

* + 1. Морозостойкость бетонных композитов на различных отсевах

дробления 102

* + 1. [Прочность сцепления арматуры с бетонным композитом 104](#bookmark12)

Выводы по третьей главе 106

1. [БЕТОННЫЕ КОМПОЗИТЫ НА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ВЯЖУЩИХ С НАПОЛНИТЕЛЕМ ИЗ ОТСЕВОВ ДРОБЛЕНИЯ БЕТОННОГО ЛОМА 109](#bookmark13)
2. Отсевы дробления бетонного лома как низкомарочное вяжущее и

наполнитель для многокомпонентного вяжущего 109

1. Связующая способность пылевидной фракции отсевов

дробления бетонного лома 110

1. Использование отсевов дробления бетонного лома в качестве

активного наполнителя в производстве многокомпонентных вяжущих веществ 115

1. Составы и свойства многокомпонентных вяжущих на основе

отсевов дробления бетонного лома 125

1. Определение рецептуры бетонных композитов на

многокомпонентных вяжущих 129

1. Составы и свойства бетонных композитов на многокомпонентных

вяжущих 137

[Выводы по четвертой главе 148](#bookmark25)

1. [ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ВНЕДРЕНИЕ И ТЕХНИКО­ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ 150](#bookmark26)
2. Рекомендации по изготовлению бетонных композитов с

использованием отсевов дробления бетонного лома и горных пород 150

1. [Общие положения 150](#bookmark28)
2. [Составы бетонных композитов 152](#bookmark29)
3. [Технология получения бетонных композитов 153](#bookmark30)
4. [Внедрение результатов работы 154](#bookmark31)
5. Экономическое обоснование эффективности производства

бетонокомпозитов на основе отсевов дробления 159

Выводы по пятой главе 166

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ 168

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 171

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Копия технологического регламента 195

Приложение 2. Копия стандарта организации 206

Приложение 3. Копия акта о внедрении опытной партии

на ГУП «ГЗЖБК № 2» 214

Приложение 4. Копия справки о внедрении результатов исследований

на ООО СКФ «АРТ» 216

Введение

Актуальность работы. Одной из важнейших проблем современной строительной индустрии является производство строительных композиционных материалов (СКМ) с использованием доступного, дешевого, часто невостребованного местного сырья, к которому, помимо природных ресурсов, можно отнести отходы строительства и сноса (ОСС) и производственных предприятий.

Строительные композиты - материалы, образованные сочетанием химически разнородных компонентов с четкой границей между ними и характеризующиеся свойствами, которыми не обладают ни один из составляющих компонентов в отдельности [1]. К ним относятся строительные растворы и бетоны на различных видах вяжущих, клеи, замазки, мастики и другие многокомпонентные материалы. Общим для всех них является единство закономерностей структурообразования [1].

В настоящее время в строительной индустрии применяется целый ряд композиционных материалов на различных органических и неорганических вяжущих веществах. Эффективность их получения с использованием техногенных отходов, а также побочных продуктов промышленных предприятий обусловлена наличием широкой местной сырьевой базы. К тому же, применение продуктов техногенного происхождения в качестве составляющих СКМ в значительной степени позволит решать вопросы, связанные с улучшением экологии окружающей среды. Широкие возможности в области утилизации техногенных отходов имеет промышленность строительных материалов. Учитывая высокую энергоемкость используемых на сегодняшний день технологических процессов в производстве композитных материалов, целесообразно проведение их исследований на основе отсевов дробления бетонного лома и горных пород [2-6,8,9,11-18].

Обширным исследованиям в области использования техногенных отходов в практике строительного материаловедения посвящены работы

б

научных школ Ю.М. Баженова, В.И. Соломатова, П.Г. Комохова, Т.М. Петровой, П.П. Будникова, В.Д. Глуховского и других российских ученых, а также зарубежных авторов Д.М. Роя, Г.Р. Гоуда и др.

Производство строительных композитов может быть осуществлено с использованием техногенного сырья [7,10,19,223].

Использование местного сырья техногенного происхождения в значительной степени позволяет расширить сырьевую базу для производства строительных материалов и изделий, снижая при этом себестоимость готовой продукции. Такой эффект достигается как за счет меньших транспортных расходов, связанных с доставкой данного сырья, так и отсутствием дополнительных энергозатрат при добыче и обработке ее в специальных карьерах, а также низкой стоимостью самих техногенных ресурсов [8,9,16,20,34]. При этом полностью отсутствует риск остановки процесса производства из-за возможных перебоев с поставкой сырьевых материалов и полуфабрикатов.

Широкое применение ОСС и некондиционных продуктов промышленности в производстве строительных материалов и изделий является одной из важных проблем научно-технического прогресса. Это диктуется как экономическими, так и экологическими требованиями [19,20].

Проблема вторичного использования бетонных и других отходов в практике строительного материаловедения, возникающих в результате сноса зданий и сооружений, а также многотоннажных отходов переработки горных пород в производстве крупного заполнителя, в настоящее время весьма актуальна, особенно для крупных мегаполисов страны и мира.

Это актуально, в том числе, и потому, что связано с отсутствием возможности размещать ОСС и отходов промышленности в таких огромных количествах на специально отведенных полигонах, приводящих к значительному загрязнению экологии городов. По разным источникам [21,22] в России ежегодно образуется более 15 млн. тонн ОСС, 60 *%* которых

составляют кирпичные, бетонные и железобетонные отходы. Темпы роста объема ОСС составляют 25 % в год.

Продукты переработки ОСС представляют собой вторичный щебень и отсевы дробления с соотношением около 70:30 соответственно. Щебень, по сравнению с отсевами дробления, которые из-за повышенного содержания в их составах пылевидной фракции мало используются в строительстве, применяется в качестве подсыпки для автомобильных дорог, а также как крупный заполнитель в обычных бетонах [22,23].

Помимо ОСС, из различных источников известно, что общий объем отсевов дробления горных пород, образующихся ежегодно по стране на предприятиях по производству щебня, составляет в настоящее время до 50 млн. м [30,125]. Только в одной Чеченской Республике на предприятиях ГУП «Чеченкарьеруправление» и Департамента автомобильных дорог ЧР «Государственный унитарный комбинат дорожно-строительных материалов»

о

ежегодно перерабатывается более 1 млн. м горной породы в год с образованием до 500 тыс. м3 отходов камнедробления.

Перспектива вторичного использования отсевов камнедробления связана с тем, что при существующих технологиях процесс дробления и измельчения занимает около 50 % всех затрат, в первую очередь энергетических.

Однако, отсевы находят малое применение в промышленности строительных материалов и залеживаются в отвалах на территории дробильно-сортировочных комплексов, повышая запыленность воздуха из-за содержания в его составе так называемой каменной муки - частиц менее 0,16 мм в количестве до 30 %.

По мнению большинства ученых, правильным решением проблемы рециклинга отходов является их обогащение, фракционирование с отделением пылевидного отсева дробления путем отдельного использования полученных фракций в строительстве [25,26]. Предварительные исследования [26] показали, что данное вторичное сырье можно использовать и в бетонах, в частности для получения строительных композитов и смешанных вяжущих на их основе.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с федеральными целевыми программами «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы», «Восстановление экономики и социальной сферы Чеченской Республики на 2002 и последующие годы» и «Социально-экономическое развитие Чеченской Республики на 2008-2011 годы».

Степень изученности проблемы. Проведенный анализ позволил сделать вывод о том, что существующие способы утилизации отсевов камнедробления связаны со значительными дополнительными трудовыми, материальными и энергетическими затратами, что резко ограничивает их применение в строительстве. Разработка альтернативных способов утилизации отходов дробления является актуальной задачей в области эффективного использования данного техногенного продукта в технологии композиционных материалов.

Цель и задачи исследований. Целью диссертационной работы является разработка научно-обоснованных способов получения бетонных композитов на основе использования отсевов дробления бетонного лома и горных пород.

В соответствии с целью исследования в диссертации поставлены и решены следующие задачи:

* изучен механизм действия химических добавок на процессы структурообразования многокомпонентных вяжущих, полученных с использованием отсевов дробления бетонного лома и горных пород;
* предложена технология производства, исследованы свойства многокомпонентных вяжущих с наполнителем из отсевов дробления бетонного лома и бетонных композитов на их основе;
* разработана рецептура бетонных композитов, получаемых с применением отсевов дробления бетонного лома и горных пород без их фракционирования и обогащения на основе использования комплекса технологических приемов для их получения;
* исследованы структура и свойства бетонных композитов, полученных с применением отсевов дробления без их обогащения и фракционирования;
* разработаны нормативные документы и ТЭО для реализации результатов теоретических и экспериментальных исследований и промышленного внедрения.

Научная новизна. Сформулированы принципы повышения эффективности процессов структурообразования систем с использованием многокомпонентных вяжущих и нефракционированных отсевов дробления бетонного лома и горных пород, заключающиеся в двухстадийном перемешивании и поливибрационном уплотнении компонентов, что приводит к синтезу новообразований оптимального состава и строения. Бетоны на основе многокомпонентных вяжущих отличаются повышенной плотностью, прочностью, меньшим радиусом пор, а, следовательно, повышенной стойкостью и водонепроницаемостью, более длительным до 6 ч периодом формирования структуры по сравнению с бетонами на портландцементе и имеют умеренные относительные деформации усадки, не превышающие 0,69­0,84 мм/м.

Установлено, что в составе отсева дробления бетонного лома содержится около 30 % негидратированного портландцемента, что позволяет использовать его в качестве активного микронаполнителя при производстве многокомпонентных высокоактивных вяжущих. Заполнитель из отсева дробления бетонного лома, имеющий частичную или сплошную оболочку на поверхности его зерен из цементного камня дробимого бетона активно влияет на процесс формирования как структурных характеристик цементного камня, так и плотной контактной зоны между ними. Структура бетонных композитов характеризуется меньшим водопоглощением (до 3-7 %)

и наличием достаточно мелких (Х = 0,7-1,9) и однородных по

размеру (а = 0,4-0,5) пор.

Изучение параметров микротрещинообразования бетонных

композитов на основе предложенных в работе многокомпонентных вяжущих показало, что их нижняя граница наступает позже в сравнении с контрольными образцами на основе портландцемента, при этом относительное значение RT°/RK составляет 0,35-0,52 и увеличивается с повышением прочности бетона и содержания клинкерной составляющей в применяемом вяжущем. Для разработанной рецептуры бетонных композитов характерно уменьшение разности между верхней и нижней границами микротрещинообразования, что указывает на повышение однородности их структуры и свойств.

Практическое значение. Разработана рецептура бетонных композитов с использованием необогащенных и нефракционированных отсевов дробления бетонного лома и горных пород.

Получена зависимость для расчета водопотребности бетонных смесей с учетом водоудерживающей способности пылевидной, песчаной и щебеночной фракций отсевов камнедробления.

Обоснованы способы механоактивации мелкозернистых бетонных смесей на основе отсевов, что позволяет получить бетонных композитов с улучшенными физико-механическими показателями.

Предложена рецептура многокомпонентных вяжущих, получаемых механохимической активацией портландцемента в присутствии

поверхностно-активных веществ и наполнителя из отсевов дробления бетонного лома.

Установлена эффективная дозировка химической добавки,

позволяющая получить значительный водоредуцирующий, пластифицирующий и цементосберегающий эффект.

Разработаны нормативно-технические документы:

- технологический регламент на производство бетонных композитов на многокомпонентном вяжущем с наполнителем из отходов дробления бетонного лома;

- стандарт предприятия на производство многокомпонентных вяжущих веществ для бетонных композитов на заполнителе из необогащенных отсевов дробления бетонного лома и горных пород.

Внедрение результатов исследований. Результаты проведенных исследований позволили апробировать и внедрить в производство научно­обоснованные способы получения бетонных композитов, полученных на основе использования необогащенных отсевов дробления бетонного лома и горных пород.

Разработанные нормативно-технические документы были использованы в условиях производственного внедрения результатов работ в ГУП «ГЗЖБК № 2» и ООО СКФ «АРТ» при производстве железобетонных плит заборов и бортовых камней, а также при строительстве 6-ти этажного монолитного жилого дома в г. Грозный.

Результаты работы использовались при реализации Федеральных целевых программ: «Восстановление экономики и социальной сферы Чеченской Республики на 2002 и последующие годы», «Научные и научно­педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы» и «Социально-экономическое развитие Чеченской Республики на 2008-2011 годы». При этом получен значительный экологический, социальный и экономический эффект.

Теоретические положения диссертационной работы, результаты экспериментальных и лабораторных исследований и промышленного внедрения используются в учебном процессе при подготовке специалистов в рамках направления 270000 «Архитектура и строительство» по специальностям 270106 «Производство строительных материалов, изделий и конструкций» и 270102 «Промышленное и гражданское строительство», а также бакалавров и магистров.

Достоверность полученных результатов подтверждается:

* использованием апробированных методов экспериментальных исследований, применением математических методов планирования эксперимента и поверенного оборудования;
* применением современного программного обеспечения (Excel, Statistik, Mathcad) при обработке экспериментальных данных, испытанием необходимого количества контрольных образцов, обеспечивающих доверительную вероятность 0,95 при коэффициенте вариации менее 10 *%.*

Апробация работы. Основные результаты исследований, представленных в диссертационной работе докладывались и обсуждались на:

1. Международной научно-практической конференции

«Инновационные технологии в производстве, науке и образовании», посвященной 90-летию Грозненского государственного нефтяного института им. акад. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный, 2010;

1. Пятой международной конференции «Горное, нефтяное, геологическое и геоэкологическое образование в XXI веке», г. Грозный, 2010;
2. Ш-ем Республиканском конкурсе проектов и программ «Научно­техническая творческая молодежь Чеченской Республики 2011» (НТТМ ЧР- 2011), Комитет правительства ЧР по делам молодежи, г. Грозный, 2011;
3. 14-м Московском международном салоне изобретений и инновационных технологий «Архимед - 2011», г. Москва, 2011;
4. Всероссийской научно-практической конференции «Наука и образование в Чеченской Республике: состояние перспективы развития», посвященной 10-летию со дня основания Комплексного научно­исследовательского института Российской академии наук (КНИИ РАН), г. Грозный, 2011;
5. IV-ой Республиканской выставке молодежных проектов и программ «Научно-техническое творчество молодежи Чеченской Республики

2012» (НТТМ ЧР-2012), Комитет правительства ЧР по делам молодежи,

г. Грозный, 2012;

1. 15-м Московском международном салоне изобретений и

инновационных технологий «Архимед - 2012», г. Москва, 2012.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 8 работ, в том числе 2 - в изданиях, определенных ВАК, получен патент на изобретение № 2439019 «Бетонная смесь и способ ее приготовления».

На защиту выносятся:

* научно-обоснованные способы получения бетонных композитов, полученных с использованием отсевов дробления бетонного лома и горных пород.
* результаты экспериментальных исследований пылевидной, песчаной и щебеночной фракций отсевов дробления бетонного лома и горных пород;
* положения о повышении эффективности использования отсевов дробления бетонного лома и горных пород без их фракционирования и обогащения в бетонных композитах, получаемых на основе использования комплекса технологических приемов для их получения;

-рецептура многокомпонентных вяжущих веществ, полученных с применением в качестве активного наполнителя отсевов дробления бетонного лома, и бетонных композитов на их основе;

-рекомендации по практической реализации основных результатов диссертационной работы;

* результаты опытно-промышленного внедрения.

Структура и объем диссертации. Диссертация содержит 216 страниц машинописного текста, 51 таблицу, 32 рисунка и состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы из 224 наименований и 4 приложений.

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю

д. т.н., проф. С-А.Ю. Муртазаеву, под общим руководством которого выполнена данная работа, всему профессорско-преподавательскому составу кафедры «Технология строительного производства» за ценные указания в ходе выполнения работы, группе инженеров и лаборантов учебно-научной лаборатории строительного факультета ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова за содействие в проведении исследований.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Разработаны научно-обоснованные способы получения бетонных композитов с использованием отсевов дробления бетонного лома и горных пород, позволяющие, используя многокомпонентные вяжущие и специальные способы механоактивации бетонной смеси, улучшить их физико­механические и эксплуатационные свойства.
2. Изучены составы и свойства отсевов дробления бетонного лома и горных пород: соотношение пылевидной, песчаной и щебеночной фракций, их водоудерживающая способность, плотность, пустотность, удельная поверхность и другие свойства, позволившие предложить зависимость для определения количества воды в бетонных смесях на основе отсевов камнедробления.
3. Разработана рецептура бетонных композитов, получаемых с

применением необогащенных отсевов дробления бетонного лома и горных пород на основе использования комплекса малоэнергоемких технологических приемов для их получения. Установлено, что при раздельном перемешивании компонентов при механоактивации бетонной смеси прочность бетонных композитов увеличивается на 10-25 %, а при поличастотном

виброуплотнении - на 20-40 %.

1. Изучен механизм влияния химических добавок на основные свойства мелкозернистых бетонных смесей и бетонов, полученных из необогащенных отсевов дробления бетонного лома и горных пород. Введение в состав бетонной смеси химических добавок снижает начальное водосодержание на 20-30 *%* и увеличивает прочность бетона в возрасте 28 суток до 30 %, а также повышает марку по удобоукладываемости с Ш до П5, сокращая при этом расход цемента до 30 %.
2. Изучение структуры бетонных композитов, полученных с использованием методов механоактивации бетонной смеси с применением необогащенных отсевов дробления бетонного лома и горных пород, показало, что уменьшается их водопоглощение до 3-7 %, структура характеризуется достаточно мелкими (А = 0,7-1,9) и однородными по размеру (а = 0,4-0,5) порами.
3. Разработана рецептура многокомпонентных вяжущих веществ с удельной поверхностью 541-579 м /кг с наполнителем из отсевов дробления бетонного лома и изучены свойства бетонных композитов на их основе. Активность цемента после механической активации возрастает в 1,5-2 раза с одновременным снижением водопотребности до 30 *%.* Бетоны на основе многокомпонентных вяжущих отличаются повышенной плотностью, прочностью, меньшим радиусом пор, а, следовательно, повышенной стойкостью и водонепроницаемостью, более длительным до 6 ч периодом формирования структуры по сравнению с бетонами на портландцементе и имеют умеренные относительные деформации усадки, не превышающие 0,69-0,84 мм/м.
4. Исследование контактной зоны заполнителя и цементного камня показало, что прочность сцепления заполнителя из отсева дробления бетонного лома с цементным камнем значительно выше, чем прочность самого заполнителя, что свидетельствует об активном влиянии такого заполнителя на формирование как структурных характеристик цементного камня, так и плотной контактной зоны между ними.
5. Изучение параметров микротрещинообразования бетонных композитов на основе предложенных в работе многокомпонентных вяжущих показало, что его нижняя граница наступает позже в сравнении с контрольными образцами на основе портландцемента, при этом относительное значение RT°/RK составляет 0,35-0,52 и увеличивается с повышением прочности бетона и содержания клинкерной составляющей в применяемом вяжущем. Для разработанной рецептуры бетонных композитов характерно уменьшение разности между верхней и нижней границами микротрещинообразования, что указывает на повышение однородности их структуры и свойств.
6. Разработаны стандарт предприятия и технологический регламент на производство бетонных композитов с заполнителем из необогащенных отсевов дробления и с применением многокомпонентных вяжущих с наполнителем из техногенного сырья, которые приняты для применения при производственном внедрении полученных результатов предприятиями ГУП «ГЗЖБК № 2» и ООО СКФ «АРТ».

Экономический эффект от внедрения результатов работы 250-484 рублей на 1 м3 бетона получен за счет механоактивации бетонных смесей из отсевов камнедробления и применения химических добавок- водопонизителей, а также значительного снижения расхода цемента в бетонных композитах путем замены его активированным наполнителем.