

УДК 691.3

UDC 691.3

МОДИФИКАЦИЯ «ТОЩЕГО» БЕТОНА ДЛЯ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ В СЕВЕРНЫХ РЕГИОНАХ С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

MODIFICATION OF "POOR" CONCRETE FOR ROAD CLOTHES BASE DEVICE IN THE NORTHERN REGIONS IN ORDER TO IMPROVE TECHNICAL CHARACTERISTICS

Даваасенгэ Сардана Сурэновна
м.н.с.

Davaasenge Sardana Surenovna
junior researcher

Буренина Ольга Николаевна
к.т.н., с.н.с.

Burenina Olga Nikolaevna
Cand.Tech.Sci., senior researcher

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа СО РАН, Якутск, Россия

Institute of Oil and Gas problem of SB RAS, Yakutsk, Russia

В статье представлены экспериментальные данные по исследованию физико-механических свойств модифицированных «тощих» бетонов для устройства оснований дорожной одежды

The experimental data of the study physical and mechanical properties of modified "poor" concrete for road clothing base device has been presented in this article

Ключевые слова: МОДИФИЦИРОВАННЫЙ «ТОЩИЙ» БЕТОН, НАНОДОБАВКИ ДЛЯ БЕТОНОВ, ШПИНЕЛЬ МАГНИЯ, МЕХАНОАКТИВАЦИЯ ЦЕМЕНТА, КОНСТРУКЦИЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ, ОСНОВАНИЕ ИЗ «ТОЩЕГО» БЕТОНА, УПЛОТНЯЮЩАЯ НАГРУЗКА, ПРОЧНОСТЬ ПРИ СЖАТИИ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Keywords: MODIFIED "POOR" CONCRETE, NANO ADDITIONS FOR CONCRETE, MAGNESIUM SPINEL, MECHANICAL AKTIVATION OF CEMENT, CONSTRUCTION OF ROAD CLOTHING, ROAD BASE FROM "POOR" CONCRETE, SEALING LOAD, COMPRESSIVE STRENGTH OF ROAD CONSTRUCTION MATERIALS

Освоение северных и северо-восточных районов немыслимо без развития сети автомобильных дорог. Строительство дорог в этих районах связано со значительными трудностями, поскольку приходится прокладывать их в сложных природных условиях (пересеченный рельеф, вечная мерзлота, болота, малая продолжительность летнего строительного сезона и др.) Следствием сложившегося положения является быстрое разрушение автомобильных дорог, требующие немалых затрат на содержание и ремонт нежестких дорожных покрытий.

В связи с этим хочется отметить перспективность комбинированных дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием и основанием из жестких смесей – «тощих» бетонов. Существующий опыт применения таких конструкций в России и за рубежом показал ряд преимуществ по сравнению с традиционной дорожной одеждой:

- низкая усадка и стабильность деформативных свойств при температурных воздействиях;

- повышенная ровность и жесткость основания дорожного полотна, позволяющая сократить число вышеукладываемых асфальтобетонных слоев;

- длительные сроки эксплуатации и, как следствие, низкие затраты на содержание дорог;

- упрощенная технология строительства с применением доступных средств и механизмов.

Кроме того, по основанию из свежешелюженного «тощего» бетона допускается проезд строительного транспорта для дальнейших работ, а при определенных условиях транзитное движение с расчетной интенсивностью до 200 автомобилей в сутки [1].

Современные требования к эксплуатационным свойствам бетонной смеси для дорожного строительства в регионах с холодным климатом приводят к необходимости модификации традиционных строительных материалов для получения композитов с улучшенными техническими характеристиками.

Результаты ранее проведенных исследований по влиянию органо-минеральных наполнителей (цеолит, сапропель, глина, уголь) на прочностные характеристики цементного камня показали, что мелкодисперсные наполнители обеспечивают получение бетонов с улучшенными прочностными свойствами. Это дает основание предположить, что есть принципиальная возможность повышения прочностных характеристик бетона путем введения ультрадисперсных добавок, родственных к цементному камню и механоактивации части цементного вяжущего [2].

Механоактивация материалов в различных активаторах, широко используемых в промышленности, является одним из перспективных

направлений в производстве строительных материалов. Увеличение удельной поверхности цемента, его реакционной способности оказывает значительное влияние на формирование структуры бетона, скорости твердения и его прочностные характеристики [3].

Целью работы является разработка модифицированных «тощих» бетонов для устройства оснований дорожных конструкций в северных регионах с улучшенными техническими характеристиками.

В качестве исходного сырья для изготовления образцов «тощего» бетона был выбран портландцемент М400-Д20 Мохсоголлохского месторождения Республики Саха (Якутия), производства ОАО ПО «Якутцемент», который обладает 26,5 МПа (кгс-кв.см) активностью при пропаривании (средняя за месяц), 2 группой эффективности при пропаривании, 27 % густотой цементного теста, без признаков ложного схватывания, менее 370 Бк/кг удельной эффективной активностью естественных радионуклидов.

В качестве модификаторов были использованы: порошок наношпинели магния, полученный плазмохимическим синтезом (характеристика наношпинели магния представлена в табл. 1) и механоактивированный портландцемент.

Таблица 1

Характеристика наношпинели магния

наименование	Rep, нм	q, м ² /г	Фазовый состав	Тип кристаллической решетки	P> кг/м ³	T _{пл} , К
Наношпинель магния MgAl ₂ O ₄	50-70	160-170	MgO·Al ₂ O ₄	кубическая	3580	2135

Особенностью наношпинели магния является: высокая дисперсность (размер частиц порядка 50-70 нм), развитая удельная поверхность (от 40 до 170 м/г), одинаковое соотношение оксидных фаз.

Активация цемента проводилась в планетарной мельнице АГО-2 в течение 1, 3 и 5 мин.

Щебень (20-40 мм) произведен в ОАО Производственное объединение «Якутцемент». Для изготовления смесей использовали следующий гранулометрический состав щебня (табл. 2).

Таблица 2

Гранулометрический состав щебня

Содержание фракции менее, мас.%		
10 мм.	15 мм.	20 мм.
50	45	5

В качестве наполнителя использовали песок речной, средней крупности, соответствующий требованиям ГОСТ 8736-93. Предварительную сушку осуществляли при температуре 90° С в течение 24 часов, просеивание - через специальное сито для строительных песков.

Для проведения исследований были изготовлены цилиндрические образцы методом формования на прессе в формах-цилиндрах высотой и диаметром 102±2 мм. На каждый вид и срок испытания было изготовлено по 5 образцов. Уплотняющая нагрузка составляла 10 МПа, время приложения нагрузки - 3 мин. Дозирование компонентов проводили согласно данным, представленным в табл. 3 и 4, при этом добавки наношпинели магния предварительно вводили в воду.

Таблица 3

Состав образцов модифицированного «тощего» бетона
с наношпинелью магния

Наименование состава	Содержание в смеси, %				содержание наношпинели магния (мас.% от веса цемента)
	щебень	песок	цемент	вода	
исходные образцы	53	30	10	7	---
Ш-1	53	30	10	7	0,01
Ш-2	53	30	10	7	0,05
Ш-3	53	30	10	7	0,1
Ш-4	53	30	10	7	0,5
Ш-5	53	30	10	7	1

Таблица 4

Состав образцов модифицированного «тощего» бетона с
механоактивированным цементом.

Наименование состава	Содержание в смеси, %				содержание активир. цемента (мас.% от веса цемента)	Время активации, мин
	щебень	песок	цемент	вода		
исходные образцы	53	30	10	7	---	---
A1	53	30	10	7	5	1
A2	53	30	10	7	5	3
A3	53	30	10	7	5	5
A4	53	30	10	7	10	1
A5	53	30	10	7	10	3
A6	53	30	10	7	10	5
A7	53	30	10	7	15	1
A8	53	30	10	7	15	3
A9	53	30	10	7	15	5

Способ и режим твердения образцов бетона осуществляли по ГОСТ в течение 7, 14, 28 суток.

С целью определения влияния модифицирующей добавки наношпинель магния и режимов механоактивации цемента на прочностные характеристики были исследованы значения прочности при сжатии исходных и модифицированных образцов в разные сроки твердения, результаты которых представлены на рис.1 и 2.

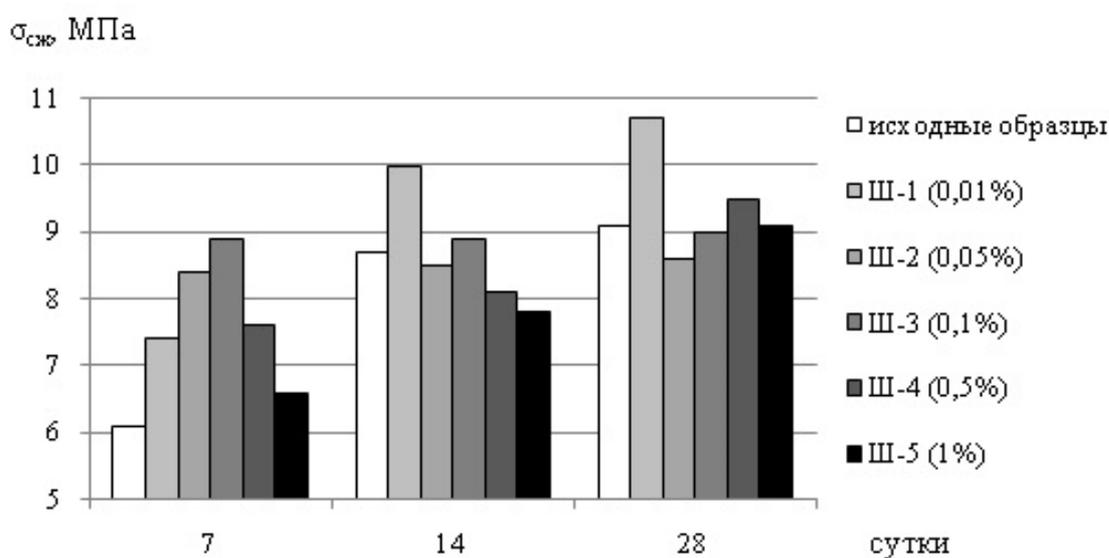


Рис.1 Зависимость значений прочности при сжатии образцов «тощего» бетона от содержания наношпинели магния

Анализ полученных результатов показал, что лучшее значение прочности при сжатии, равное 10,7 МПа, имеет состав с содержанием наношпинели магния в количестве 0,01мас.%, это на 15 % больше значения прочности исходных образцов в том же возрасте. Увеличение количества наношпинели магния в составе выше 0,01мас.% приводит к снижению значений прочности при сжатии.

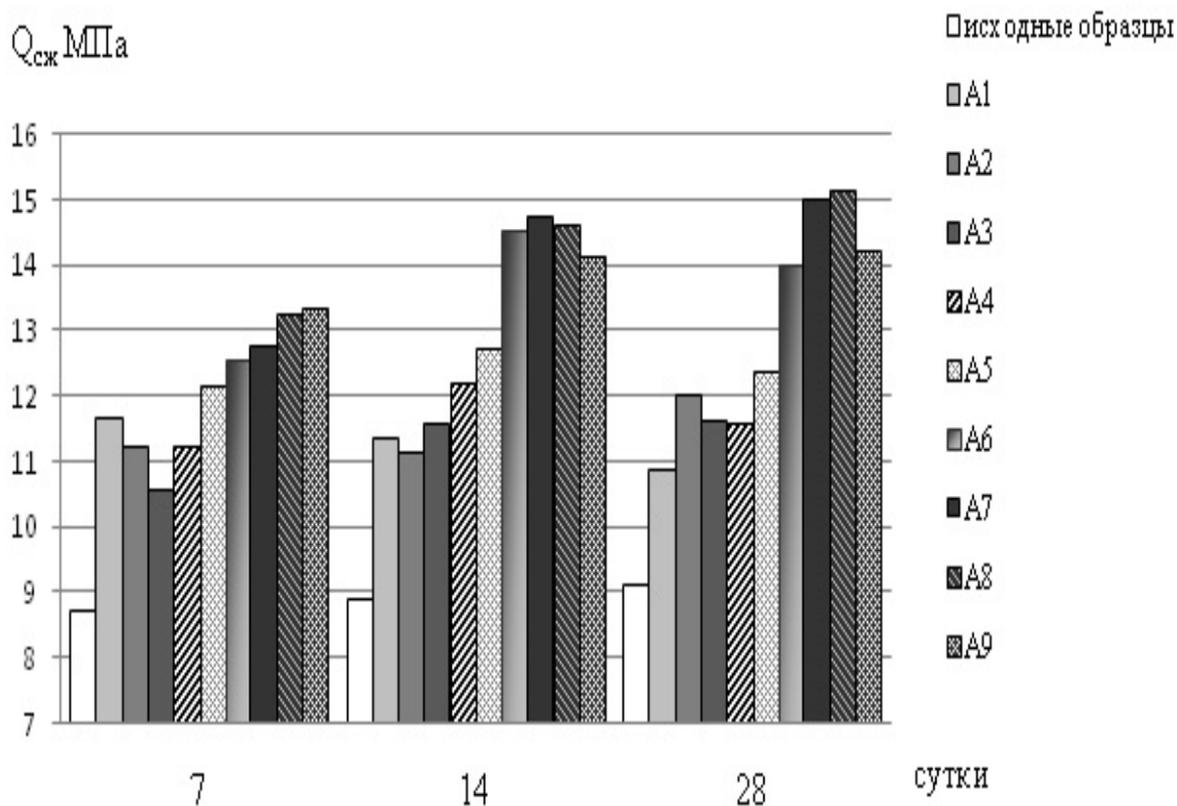


Рис.2 Зависимость значений прочности при сжатии образцов «тощеного» бетона от технологических параметров механоактивации цемента.

Прочность при сжатии модифицированных образцов в возрасте 28 суток выше в среднем на 43%, чем у исходных образцов того же возраста. Лучшее значение прочности при сжатии 15,2 МПа имеет состав с содержанием активированного в течение 3 мин. цемента в количестве 15 мас.% в возрасте 28 суток, это на 67% больше значения прочности при сжатии исходных образцов в том же возрасте.

Для некоторых образцов составов А1 - А6 наблюдается снижение значений прочности при сжатии в возрасте 28 суток по сравнению с образцами в возрасте 7 и 14 суток. Это, вероятно, можно объяснить тем, что модификация образцов активированным цементом ведет к ускоренному процессу нарастания прочности в первые сутки твердения, однако для «тощеного» бетона, характеризуемого неоднородностью состава

в связи с большим процентным содержанием наполнителя, дальнейшее твердение сопряжено с неравномерной усадкой компонентов и ведет к образованию микротрещин в структуре, что и приводит к снижению значений прочности при сжатии. Тем не менее, увеличение процентного содержания активированного цемента и времени его активации способствует развитию более плотной однородной структуры и увеличению значений прочности при сжатии композитов.

Сравнительный анализ значений прочностных показателей образцов модифицированных «тощих» бетонов с оптимальными составами говорит о том, что механоактивация части цементного вяжущего дает рост прочности при сжатии на 42% выше, чем у образцов с наношпинелью магния не только за счет увеличения удельной поверхности частиц цемента, но и его реакционной способности.

Дальнейшие исследования образцов с активированным цементом проводились на образцах с наиболее высокими показателями прочности при сжатии составов А-7, А-8 и А-9.

Исследования влияния содержания наношпинели магния на водопоглощение проведены в соответствии с ГОСТ 12730.3-78.

Установлено, что время максимального насыщения водой для всех образцов составляет 3 суток, образцы с наношпинелью магния имеют значения водопоглощения ниже, чем у исходных образцов в среднем на 5%, а составы с активированным цементом имеют значения водопоглощения ниже, чем у исходных образцов в среднем на 20%.

После испытаний на водопоглощения образцы подверглись испытанию на остаточную прочность при сжатии (рис.3,4).

У всех составов наблюдается рост показателей остаточной прочности при сжатии, так как в водной среде продолжается реакция гидратации цементного камня после 28 суток.

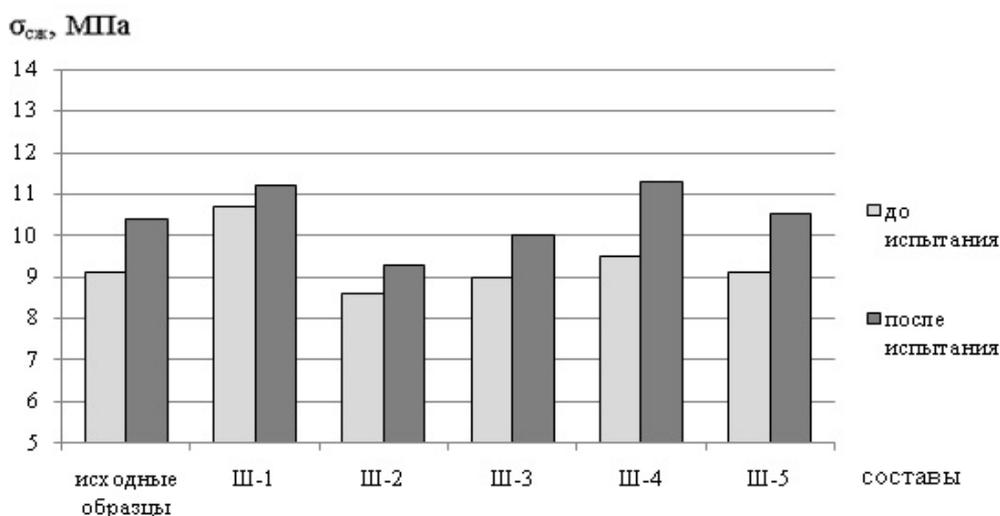


Рисунок.3 Остаточная прочность при сжатии образцов с наношпинелью магния.

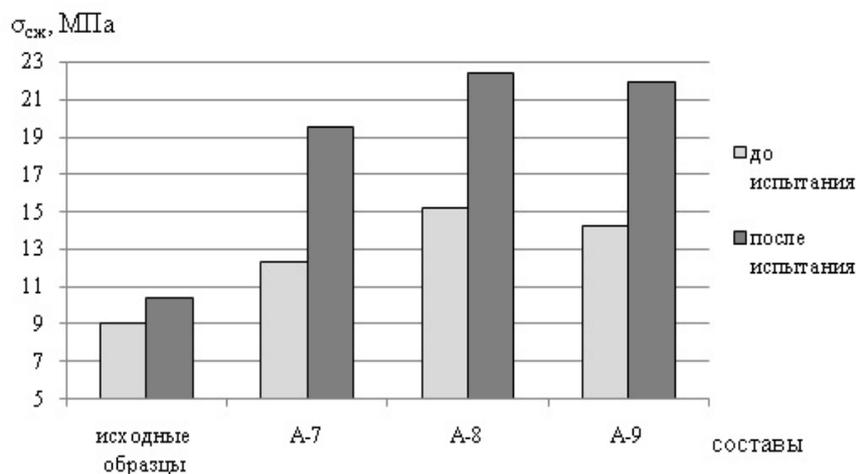


Рисунок 4 Остаточная прочность при сжатии образцов с активированным цементом.

Лучшими показателями остаточной прочности отмечаются образцы с активированным цементом, у которых значение остаточной прочности при сжатии в среднем на 53% выше, чем до испытания, это в 3,5 раза больше, чем у исходных образцов, тогда как лучшие показатели остаточной прочности наномодифицированных образцов только на 9% выше по сравнению с исходными.

Самым высоким значением остаточной прочности на сжатие 22,34 МПа после испытания на водопоглощение обладают образцы состава А-8 (акт. цем. 15 мас. %, время акт. 3 мин.).

Исследование влияние модифицирующих добавок на морозостойкость разрабатываемых материалов по ускоренному методу

показали, что образцы всех составов выдержали 5 циклов попеременного замораживания-оттаивания без видимых признаков повреждения и образования трещин на поверхности. Всем составам можно утвердить марку F100 морозостойкости бетонов.

Экспериментальные данные по исследованию зависимости остаточной прочности при сжатии после испытания на морозостойкость от содержания модифицирующих добавок представлены на рисунках 5 и 6.

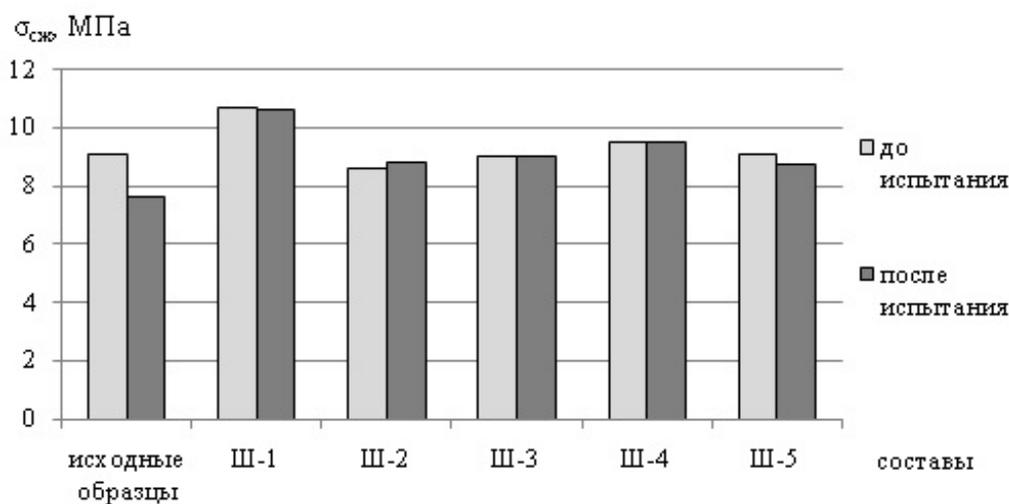


Рисунок 5 . Остаточная прочность при сжатии образцов с наношпинелью магния до и после испытания на морозостойкость

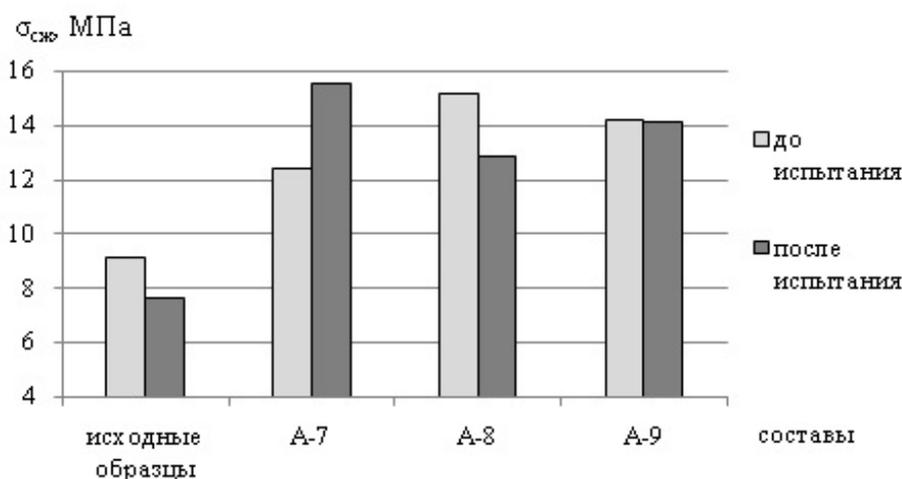


Рисунок 5 . Остаточная прочность при сжатии образцов с механоактивированным цементом до и после испытания на морозостойкость

Установлено, что остаточная прочность при сжатии исходных образцов снизилась на 16%, модифицированных образцов с наношпинелью

магния остается примерно на исходном уровне, модифицированных образцов с механоактивированным цементом снижается незначительно – до 15%, а для состава А-7 увеличивается на 26%.

Лучшим показателем остаточной прочности при сжатии, равным 15,57 МПа обладает состав А-7 с механоактивированным цементом в количестве 15 мас.% и временем активации 1 мин.

Таким образом, выбраны оптимальные составы модифицированных «тощих» бетонов с нанощпинелью магния Ш-1 и механоактивированным цементом А-8.

Сравнительные данные физико-механических свойств исходных и модифицированных образцов оптимальных составов представлены в таблице 5.

Таблица 5

Физико-механические свойства материалов

Состав	$\sigma_{сж}$, (МПа)	W, (%)	$\sigma_{ост}$, (МПа) после водопоглощения	$\sigma_{ост}$, (МПа) после промораживания
Исходный образец	7,97	4,99	10,4	7,65
Оптимальный состав с нанощпинелью магния Ш-1 (0,01мас.%)	10,7	4,73	11,2	10,59
Оптимальный состав с механоактивированным цементом А-8 (15%, актив 3 мин.)	15,2	3,92	22,34	12,86

По результатам исследований, приведенным в таблице можно сказать, что разработанные материалы обладают улучшенными техническими характеристиками по сравнению с исходными образцами, более эффективным является метод модификации «тощего» бетона активированным в течении 3 минут цементом, который превосходит оптимальный состав с нанощпинелью магния по всем физико-механическим показателям: прочность при сжатии выше на 42%,

водопоглощение ниже на 15%, остаточная прочность после водопоглощения выше в 2 раза, остаточная прочность после испытания на морозостойкость выше на 21% .

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования решают ряд важных задач по улучшению технических характеристик «тощих» бетонов для устройства оснований дорожной одежды в условиях северных регионов и позволяют сделать следующие выводы:

1) установлена перспективность модификации «тощего» бетона путем введения ультрадисперсных добавок, родственных к цементному камню, а так же механоактивации части цементного вяжущего;

2) разработаны оптимальные рецептуры и технологические режимы производства модифицированного «тощего» бетона для устройства оснований дорожных одежд;

3) разработанные материалы обладают улучшенными техническими характеристиками и могут эффективно использоваться для устройства основания дорожной одежды в северных регионах.

Литература

1. Методические рекомендации, по применению технологичных конструкций нежестких дорожных одежд с основаниями из тощего бетона – М.: Изд. стандартов, 1986.
2. Петрович П. П., Дмитриев А. В. Современное состояние и перспективы применения технологии укатываемого бетона – М. : МАДИ-ГТУ, 2004.
3. Аввакумов Е.Г., Гусев А.А. Механические методы активации в переработке природного и техногенного сырья - Новосибирск : Академическое изд-во "Гео", 2009.