



**ТОО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ
«КАЗДОРИННОВАЦИЯ»**

**Экологичный наноструктурированный
асфальтобетон для безопасных покрытий улиц
и площадей крупных городов**

**АСМАТУЛАЕВ БОРИС АЙСАЕВИЧ,
доктор технических наук, профессор, почетный МАДИ,
Академический советник Национальной Инженерной Академии
Республики Казахстан**

Основными направлениями деятельности являются:

- Изыскание и проектирование транспортных сооружений и авторский надзор за их строительством;
- Диагностика, испытание и инженерно-техническое сопровождение строительства транспортных сооружений;
- Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке инновационных технологий и материалов для транспортного строительства и научно-методическое сопровождение при строительстве;
- Разработка новых государственных стандартов и нормативно-технических документов, переработка и обновление.

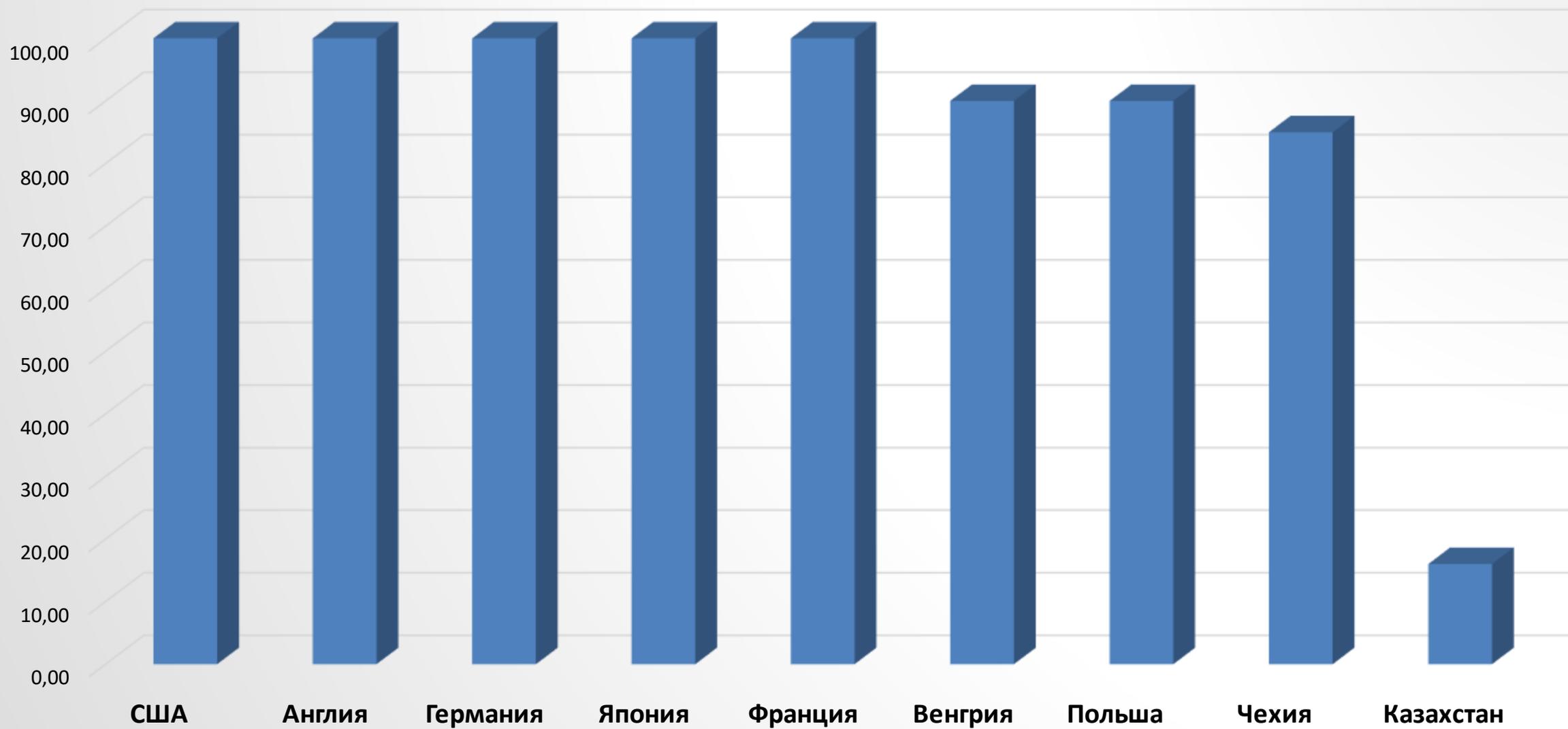


Преждевременные деформации асфальтобетонных дорог Казахстана при движении большегрузных транспортных средств с нагрузкой на ось 13 тонн и более

Более **70%** асфальтобетонных покрытий автодорог подлежат реконструкции под современные транспортные нагрузки



Использование ТМО и асфальтового гранулята в различных странах



Экологичное производство белитовых цементов и минеральных порошков из ТМО не требует обжига на цементных заводах, что устраняет загрязнение 7-10% воздуха CO₂. Вторичный асфальтовый лом - 100 % восстанавливаемый материал в холодных асфальто- минеральных бетонах. Ущерб Казахстана составляет в пределах 10% от ВВП

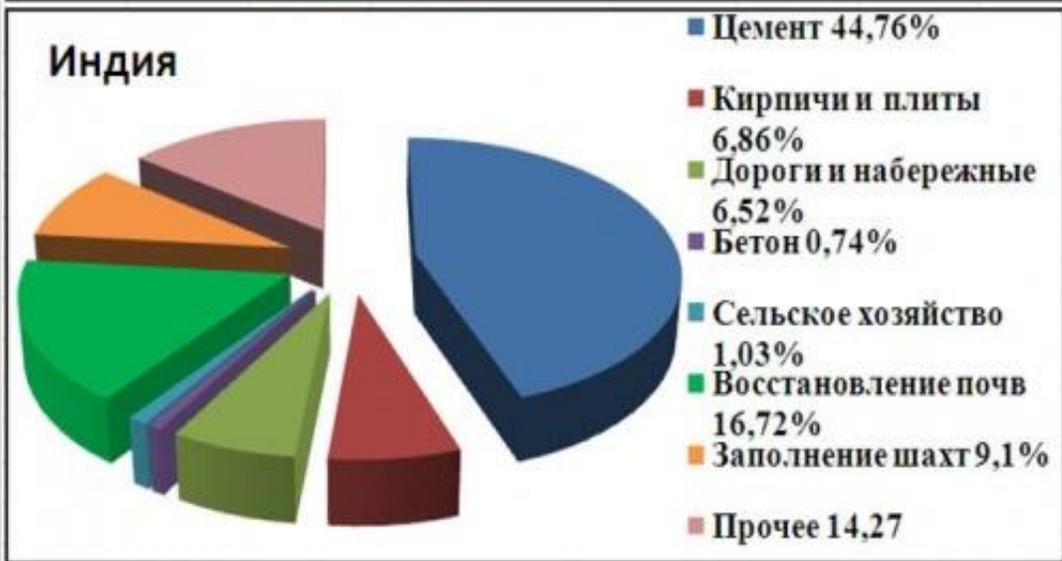
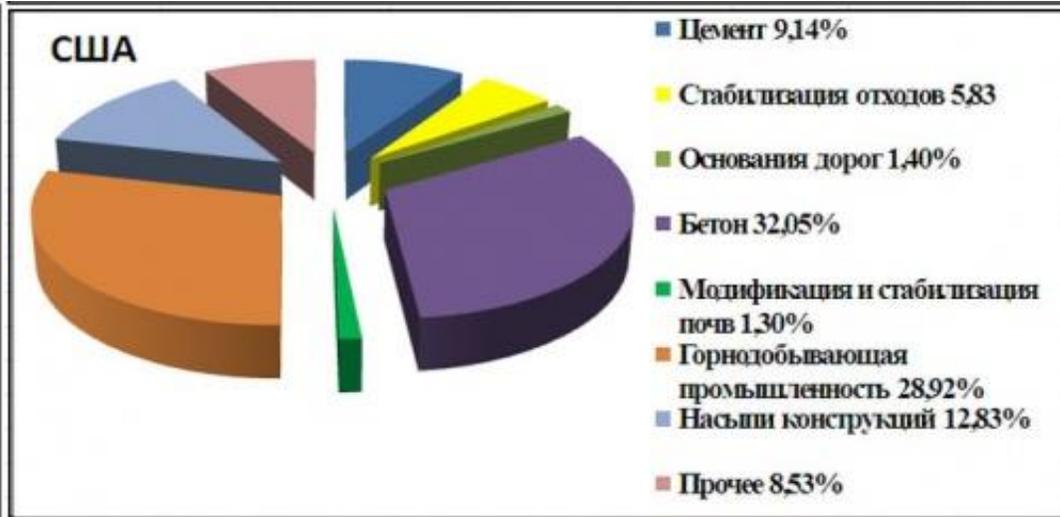
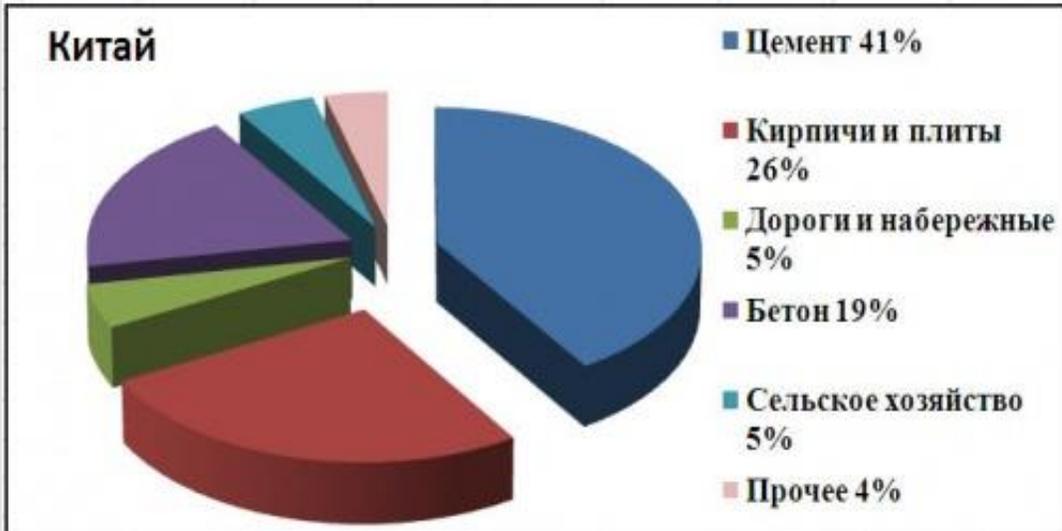
Применение асфальтового лома в Казахстане с 70 годов



Экономика США за счет повторного использования асфальта в 2016-2017 годах

Кол-во РАП, млн. т		% Заполнит.	% Бит. вяж.	Экономия затрат для заполнителя, млрд.\$		Экономия затрат для битумного вяжущего, млрд. \$		Общая экономия затрат, млрд. \$	
2016	2017			2016	2017	2016	2017	2016	2017
76,9	76,2	95	5	\$0,721	\$0,734	\$1,333	\$1,393	\$2,055	\$2,127

Самый богатый опыт по использованию РАП в США. Ежегодно используется более 90 млн тонн при среднем содержании в смеси в размере 20%. **Общая экономия в год 2,51 млрд.\$ США**



Для применения золы ТЭЦ в Китае, Индии, США и странах ЕС созданы ассоциации Coal Combustion Products и Asian Coal Ash

Наноструктурирующие белитовые вяжущие коллоидной структуры, упрочняются при различных положительных и отрицательных температурах многолетней эксплуатации дорог

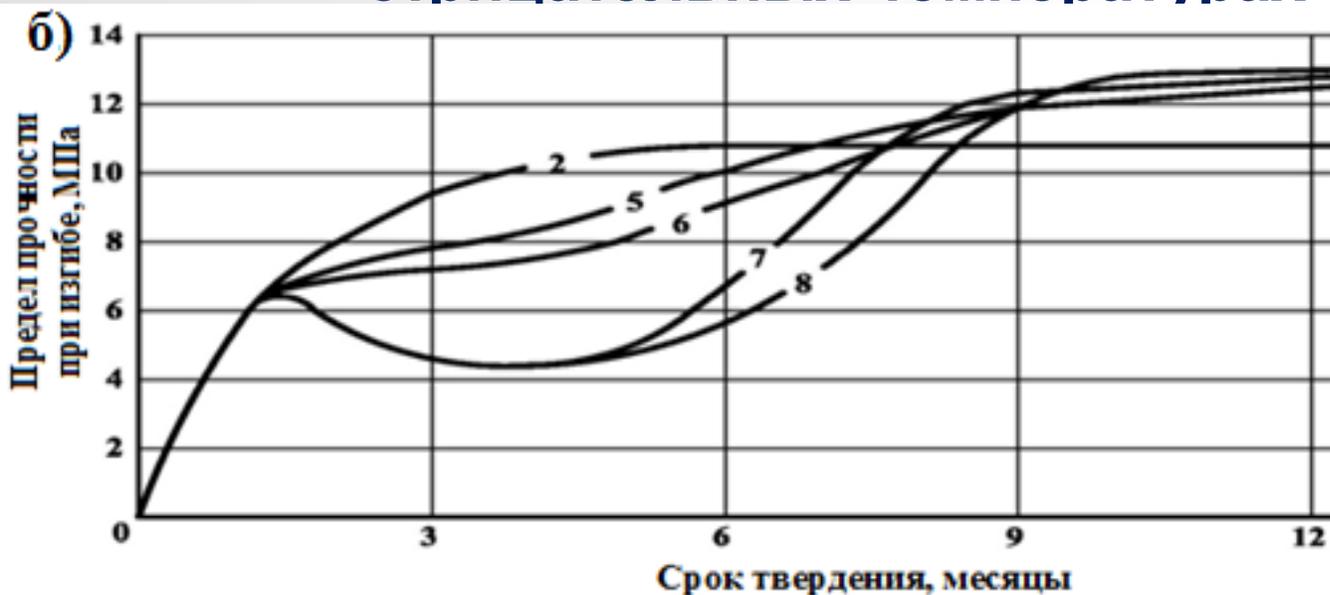


Рисунок 1 - Упрочнение наноструктурирующих вяжущих происходит при различных температурах за счет ТИКСОТРОПИИ и РЕОПЕКЦИИ, где: 2- нормальные условия 12 мес. а 5,6,7и 8 - 1 мес. нормальные, затем 5 мес. при +5°C; 0°C; -5°C, -10°C, затем 6 мес. в нормальных условиях

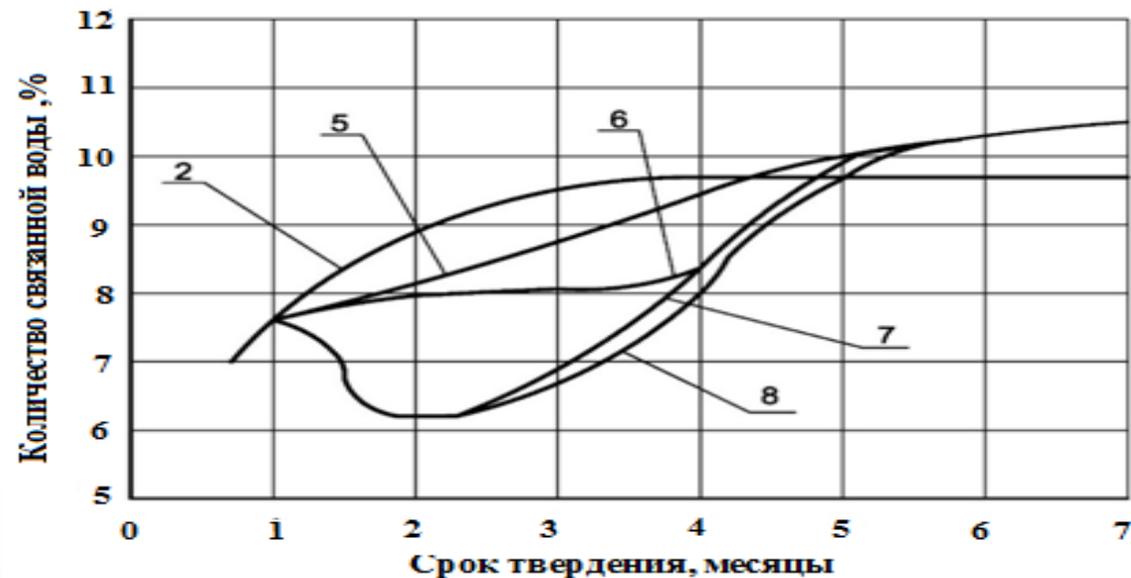
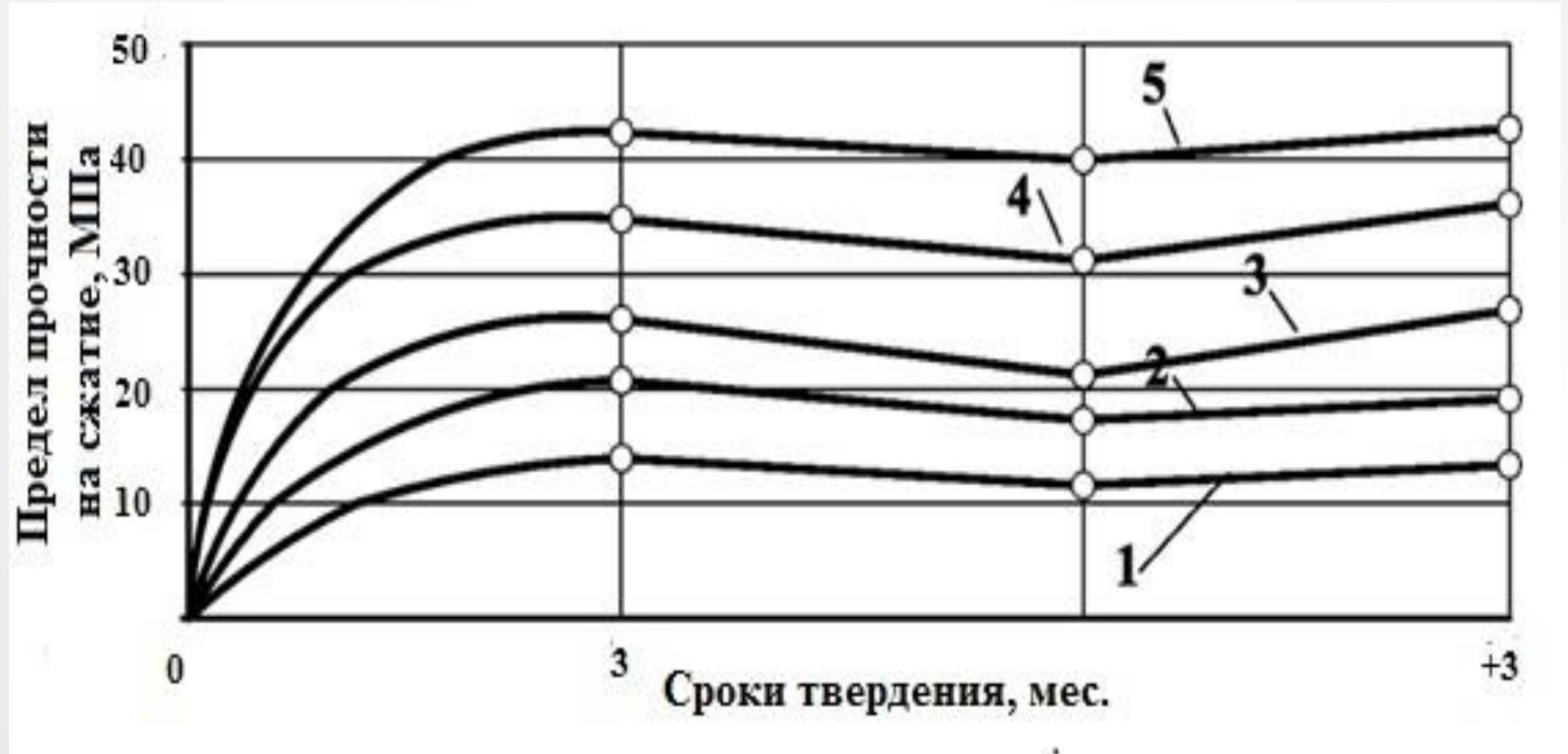


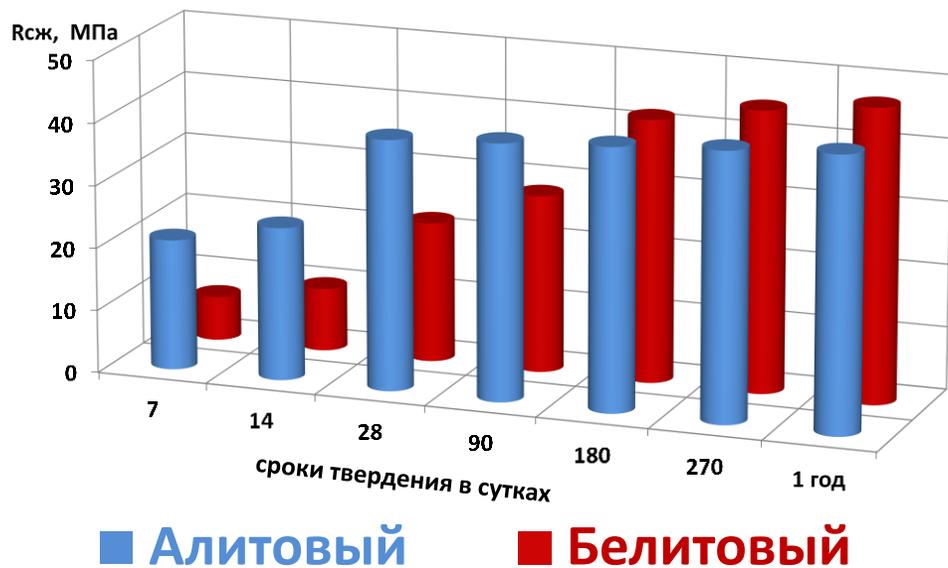
Рисунок 2. Увеличение на 10% количества прочносвязанной влаги в наноструктурирующих С-S-H, подтверждает об углублении гидратации и повышение прочности (РЕОПЕКЦИИ) при различных температурах по рис.1

Наноструктурированные дорожные бетоны (90 сут.), испытанные на морозостойкость F200, самовосстанавливают прочность на 100%.
Где:1-5 соответ. 7,10,12, 15 и 18 % белитового вяжущего в бетонах.

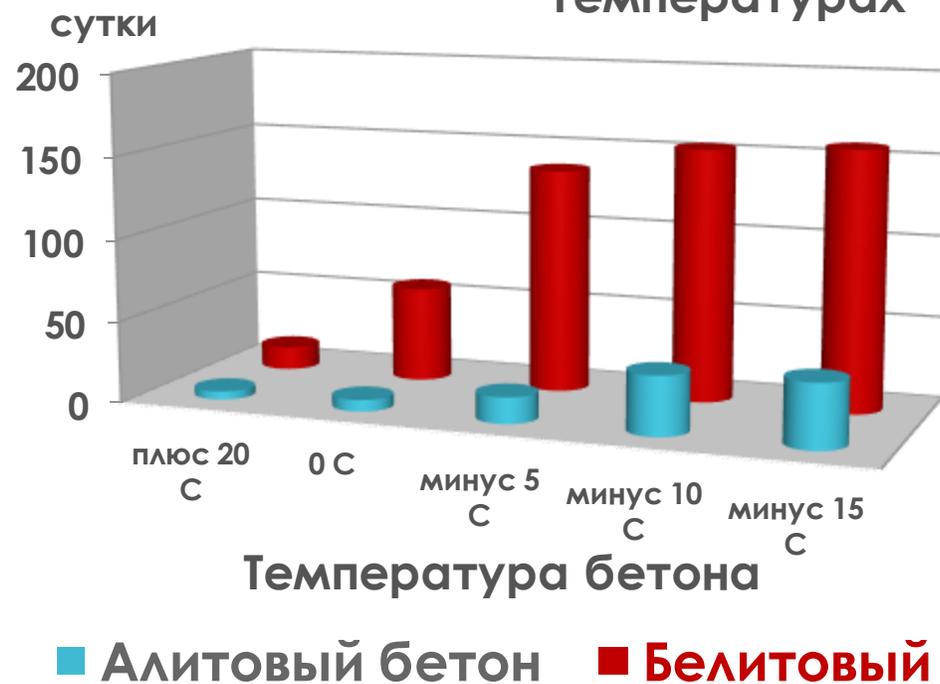


Высокая технологичность наноструктурированных дорожных бетонов при положительных и отрицательных температурах

Сопоставление скорости набора прочности бетонами во времени (в сутках)



Тиксотропная восстанавливаемость бетонов в сутках при различных температурах



Высокая технологичность наноструктурированных дорожных бетонов позволяет строить при любых температурах до -20 С

Восстановление бетона после выдерживания 90 сут. при низких температурах и повторном уплотнении



**Фото-слева 2018 г. «Александровка-Нестеровка»-покрытие из бетона, в эксплуатации 1976-2023 г.г. без ремонта 47 лет. (Белитовое вяжущее)
Фото справа 2019г. восстановлен слой износа из асфальтобетона-5см.**



**Упрочнение шлакобетона 1977г.- М150; 2016г.- М500, 2019>М600
Шлакобетонное покрытие 18см., слой износа из холодного асфальтобетона 8 см. восстановлен в 2019 г. толщиной 5 см.**

Упрочнение наноструктурированного белитового шлакобетона, 24 км. Эксплуатируется 1977- 2019 г.г. более 42 года без ремонта

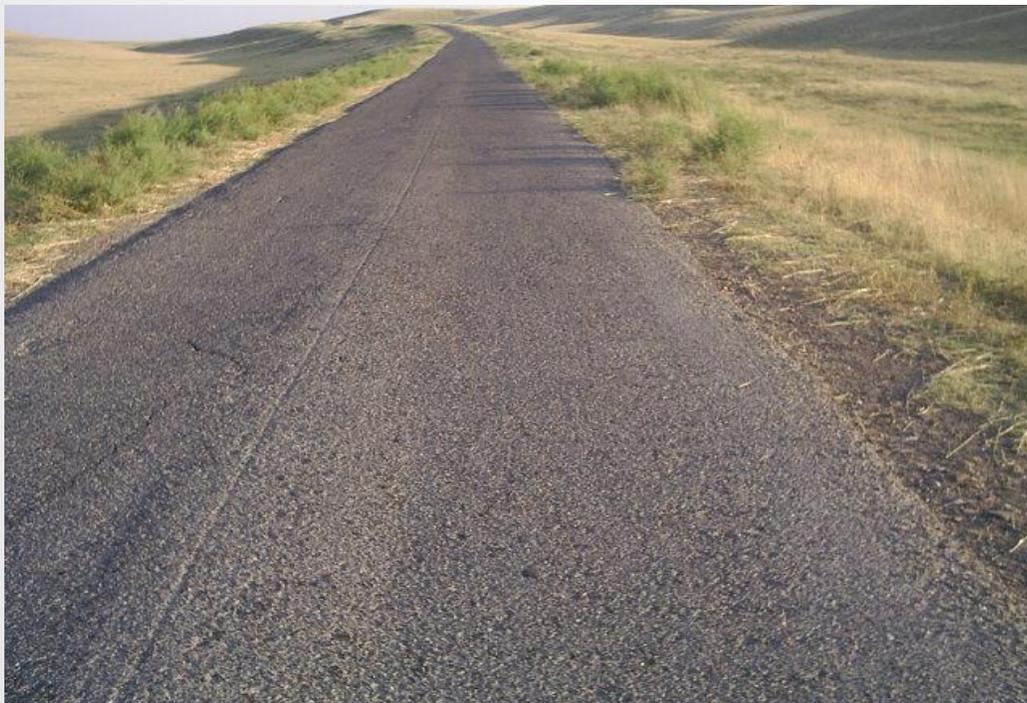


Фото-2016г. Автодорога
«Фоголево-Жданово», построен-
07.1977г. Шлакобетон, слой износа
из холодного асфальтобетона



Керны шлакобетона-1978г.,1год-М200;
1989г.,12 лет-М350 и 2016г.,39 лет- М450
а/д Фоголево-Жданово.
1977г,проектная прочность 90 сут-М150
Упрочнение 39 лет эксплуатации-М450, 300%

Испытание наноструктурированного шлакобетона, срок эксплуатации 1977-2016г.г.(за 39 лет М150-М450 рост в 3 раза)



Фото 2016г. Вырубка-керн с а/д «Фоголево-Жданово», изготовление балочек для испытания	Прочность шлакобетонных кернов, МПа, (2016г. после 39 лет эксплуатации дороги)
Прочность кернов в 1989г. ч/р 12 лет эксплуатации: сжатию, 36,4; 36,7; 36.5 МПа	48,6; 49,0; 48,8 среднее 48,8 (М450)
Прочность кернов при изгибе, МПа	8,6; 8,3

Многолетнее упрочнение nano структурированных дорожных бетонов, на вяжущих из ТМО, при эксплуатации автомобильных дорог, построенных 1976-1984 г.г. по состоянию на 2016 год.

Где: 1, 2 и 3 белитовые вяжущие на основе: золы ТЭЦ; бокситового шлама и гранулированных шлаков



Слои износа из щебеночно-мастичных асфальтобетонов, на покрытиях из наноструктурированных бетонов, гарантируют долговечность дорог на 50 лет



Фото-1 2005-2022 г.г. автодорога «Омск-Майкопшагай», отраженные трещины на покрытии от nano шламобетонного основания, но модуль упругости на трещинах в $1,5 >$ расчетного, ровность покрытия и БДД обеспечена.

Фото-2 2016-2022 г.г. автодорога «Семей-Павлодар», трещины отсутствуют



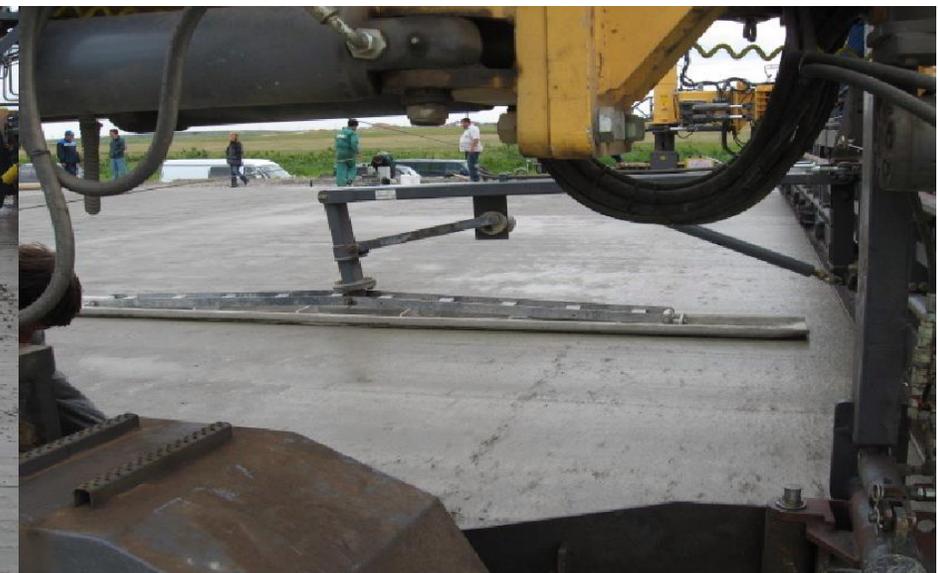
Современные цементобетонные покрытия с основаниями из наноструктурирующихся бетонов на основе ТМО

**гарантируют долговечность
автомобильных дорог на 50 лет**





**БЕЗОПАЛУБОЧНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ С
2007 Г. ИСПОЛЬЗУЕТСЯ В КАЗАХСТАНЕ, ПОСТРОЕНО БОЛЕЕ 1600 КМ**



Защита от вибрации цементобетонного покрытия – слоем ЩПС и отражающим наноструктурированным зологрунтобетоном - гарантия долговечности дорог на 50 лет



Фото 2007г. Дренирующий щебеночно-песчаный слой снижает вибрацию цементобетонного покрытия на 50%.



Цементобетонное покрытие «Астана-Щучинск» защищено от вибрации, влаги и мороза слоем ЩПС и прочным зологрунтобетоном.

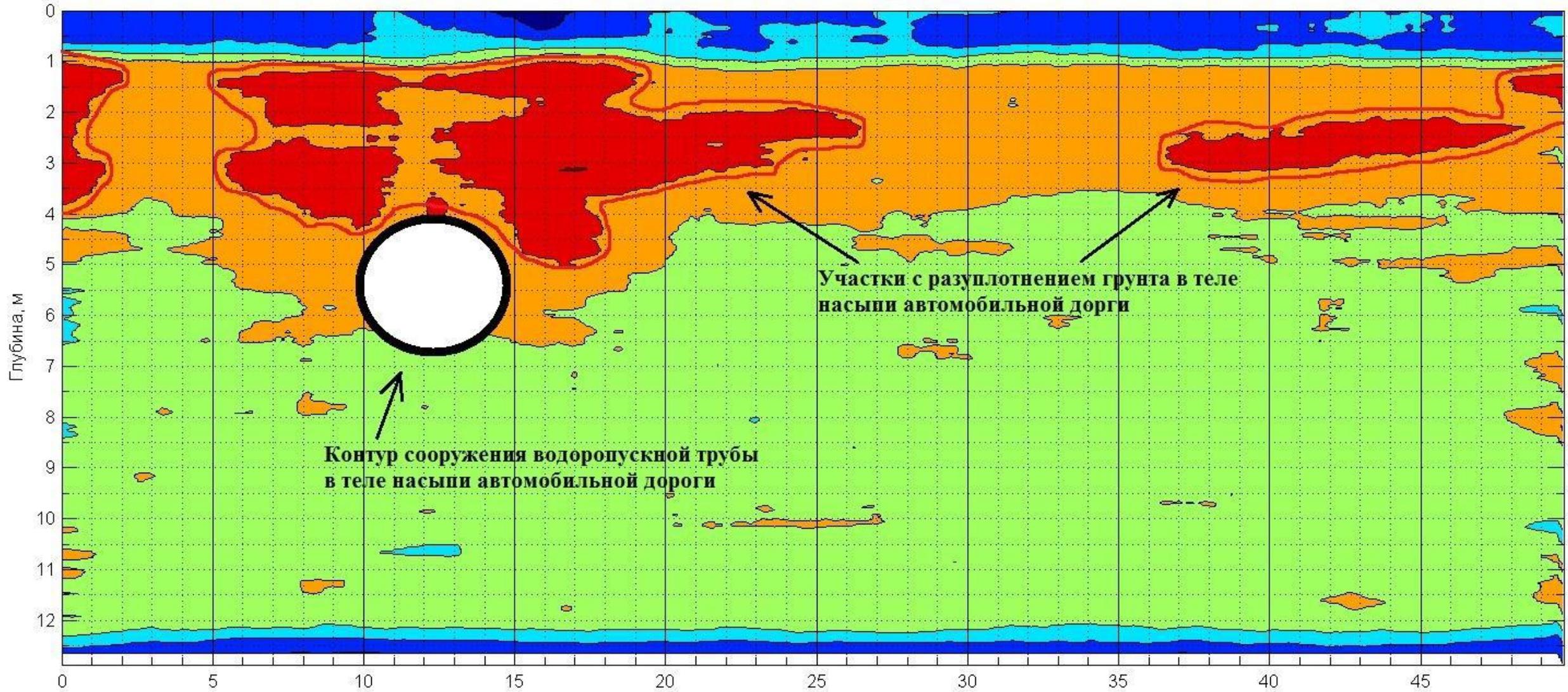
Укатанный наноструктурированный зологрунтобетон в основании цементобетонного покрытия а/д км 07-57 «Астана-Щучинск»(2007г), защищает покрытие от увлажнения от поднятия грунтовых вод.



Георадарный снимок участка «Астана-Щучинск» с золобетонным основанием

Участок №1. км43+885м до км43+935м в дорожной одежде дефекты отсутствуют(2007-2015 г.г.)

Q-factor по профилю DAT_1434_B1

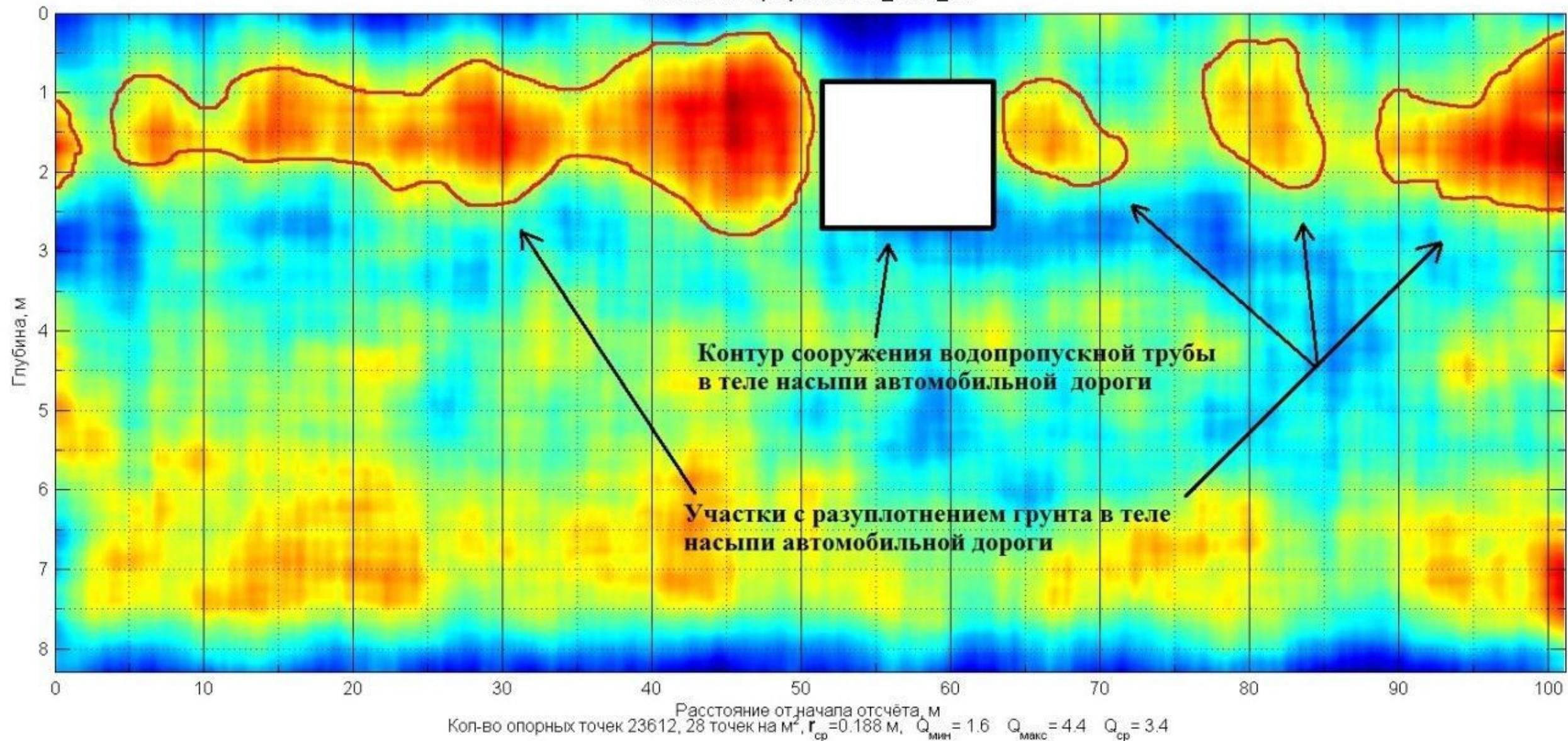


Расстояние от начала отсчёта, м
Кол-во опорных точек 24887, 40 точек на м², $r_{cp} = 0.159$ м, $Q_{мин} = 2.1$ $Q_{макс} = 7.5$ $Q_{cp} = 5.7$

Астана \rightleftarrows Щучинск Участок с наноструктурированным основанием деформаций дородежды на глубине 1м. не имеет

Георадарный снимок участка «Астана-Щучинск» с традиционным основанием из ШПС +7% цемента. Эксплуатация 2008-2015г на покрытиях раст трещин со второго года

Q-factor по профилю DAT_1801_B1



Контур сооружения водопропускной трубы
в теле насыпи автомобильной дороги

Участки с разуплотнением грунта в теле
насыпи автомобильной дороги

Астана → Щучинск

Наноструктурированный грунтошламобетон рабочего слоя земляного полотна на а/д «Семей-Павлодар» (фото 2016г.)



Фото монолитного рабочего слоя земполотна на а/д «Семей-Павлодар»: и контроль качества уплотнения грунтошламобетона до затвердевания

Сэкономлено цемента - 60%, битума-50%, каменных материалов -70%

Строительство нижнего слоя покрытия автодороги «Павлодар-Семей» из наноструктурированного укатанного шламобетона асфальтовыми укладчиками



Фото 2016 г. Укладка и уплотнение наноструктурированного шламобетонного нижнего слоя покрытия «Семей – Павлодар».

Нарезка температурных швов на наноструктурированном шламобетонном покрытии на а/д «Семей-Павлодар» через 10 пм.(фото 2016г.)



Предварительная нарезка швов на затвердевшем наноструктурированном шламобетонном слое производится в течение 7-14 суток, на захватке до 3-5 км., для устранения их отражения на асфальтобетонном слое износа.

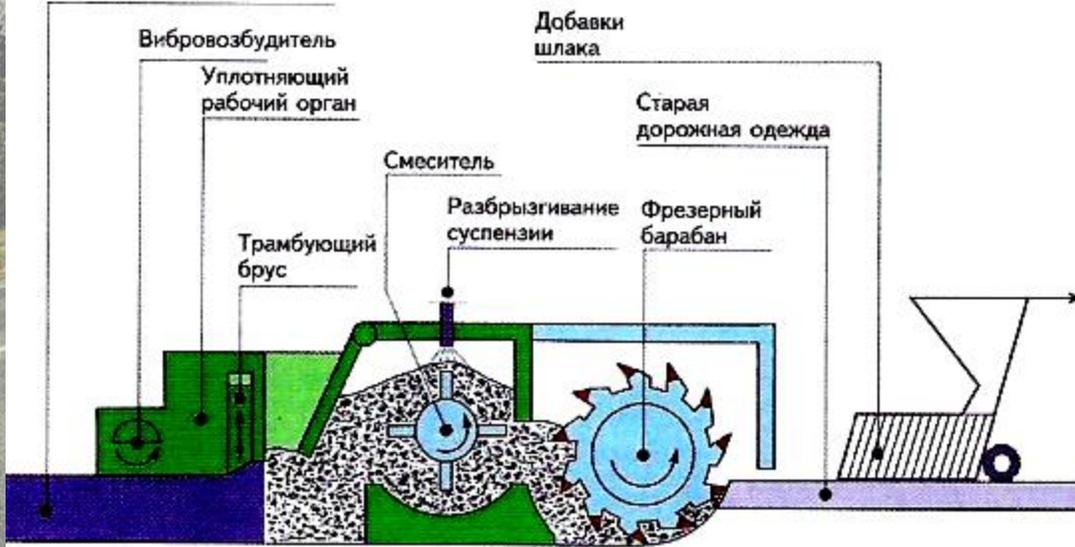
Строительство а/д Караганда-Темиртау из наноструктурированного бетона на основе доменного шлака, по 5-6 км в сутки



Реконструкция дорог методом холодного ресайклинга с повторным использованием асфальтового лома в основаниях из наноструктурированного асфальтобетона М150-200



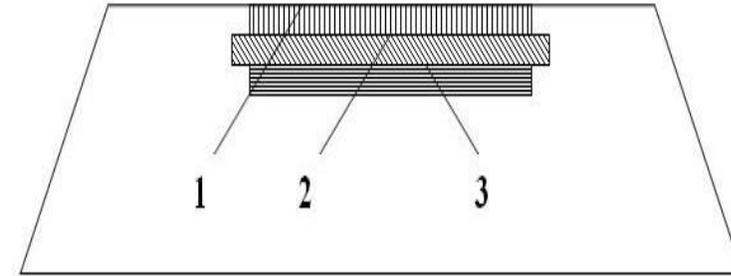
Укрепленный, предварительно уплотненный слой



Профилирование уложенного слоя

Разбрызгивание суспензии и распределение смеси

Фрезерование и рыхление



1- новое асфальтобетонное покрытие

2- монолитный «отражающий экран» из асфальтового гранулята

3- основание существующей дорожной одежды

Преимущества:

- ✓ Увеличение срока эксплуатации дороги до 35-50 лет.
Слой износа восстанавливается через 10-12 лет..
- ✓ Экономия дорожно-строительных материалов до 70%.;
- ✓ Высокий темп реконструкции дорог. Ресайклируется верхний слой покрытия, который с белитовым вяжущим создает нано асфальтобетон М150-200, F100
- ✓ Повторное применение материалов. Могут использоваться все материалы старой дороги;
- ✓ Новые материалы используются для устройства тонкого до 6-10 см слоя износа из асфальтобетона.

Рсж., МПа

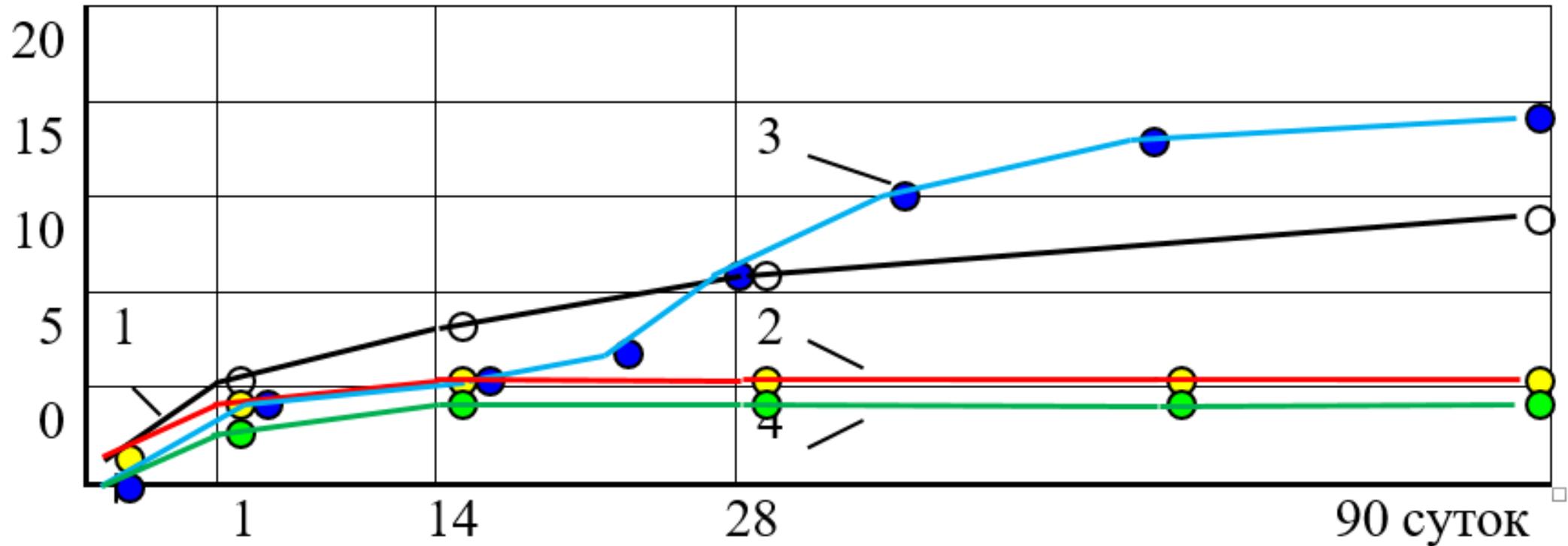
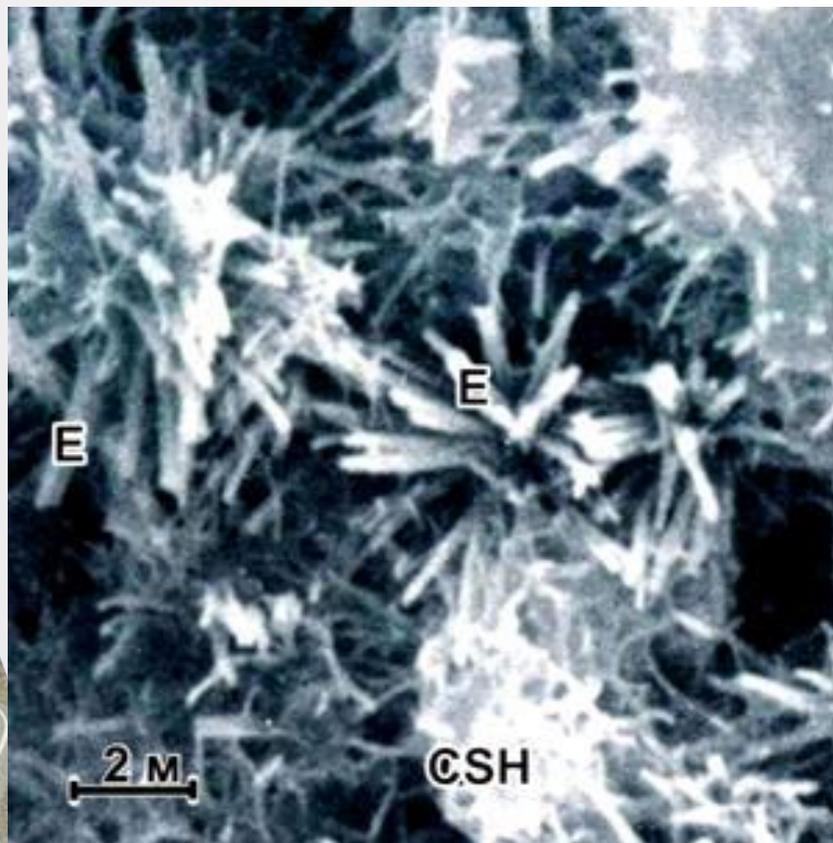


Рисунок. Упрочнение различных асфальтобетонов во времени, где: 1- асфальто-шлакощелочной бетон по Н.В.Горелыщеву; 2 - асфальтобетон; 3- наноструктурированный асфальтобетон; 4 - измельченный асфальт

(x 25 000) Структура алитового цемента и белитового вяжущего



Портландцементный камень
28сут(Алит-С3S до 65%)

E - кристаллы этtringита
(80%)

CSH – волокна C-S-H (20%)



Белитовый наногидросиликат C-S-H
(Белит- C2S до 50-80%)

а) 28сут-начало гидратации C2S

в) 90сут. (* трубочка C-S-H (40м2/г)

с) 180 сут. (волокна C-S-H (0,2-0,5 НМ)

НМ-нанометр

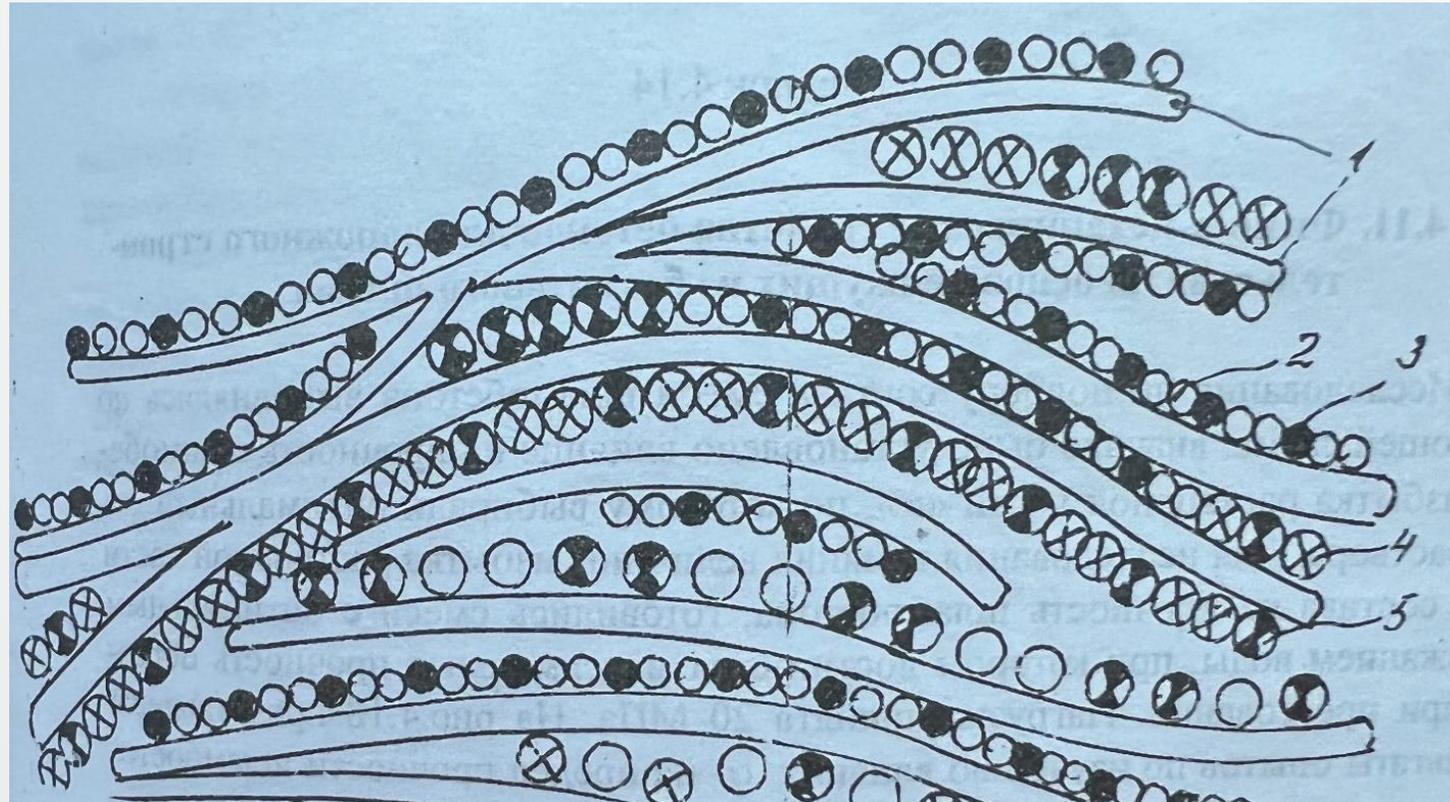
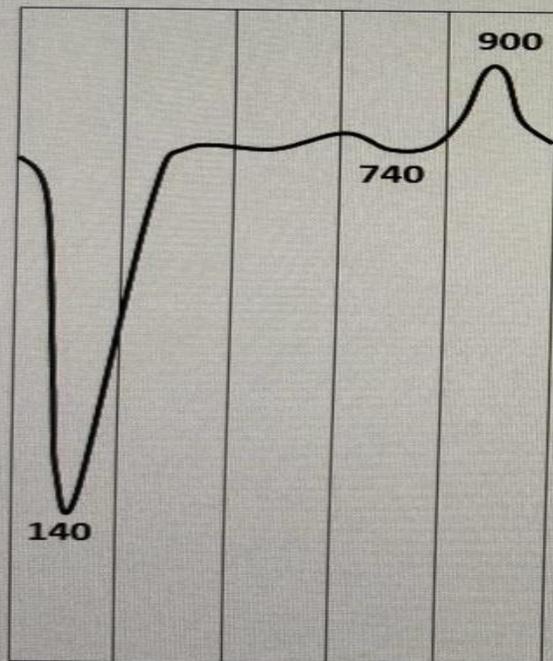


Рис. Молекулярная модель коллоидного гидросиликата **C-S-H** в наноструктурированном асфальтовом бетоне . Где:

1- волокна пластин **C-S-H**, **2**- слабосвязанная вода,

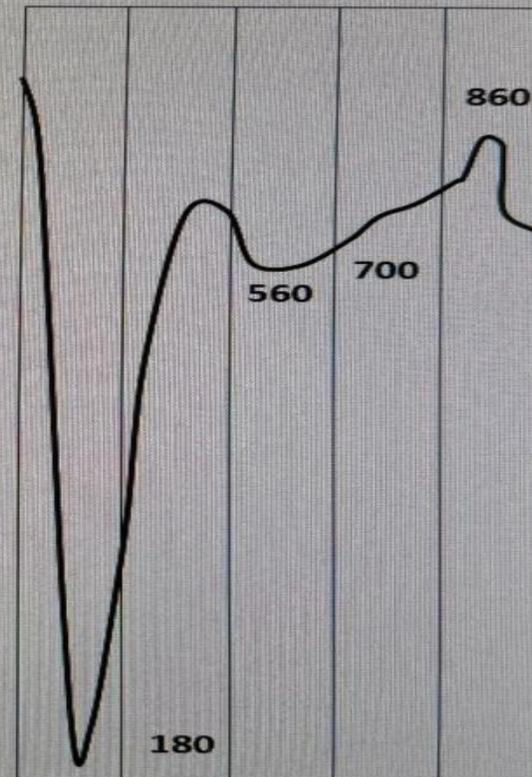
3 - слабосвязанная вода с битумом,

4- прочносвязанная вода, **5**- прочносвязанная вода с битумом.



0 200 400 600 800 1000°C

A - 6 мес



0 200 400 600 800 1000°C

B - 6 мес

**СНИМОК. ТЕРМОГРАММЫ БЕЛИТОВОГО КОЛЛОИДНОГО ГИДРОСИЛИКАТА С-S-Н, 6 МЕСЯЦЕВ
ГДЕ: А- С-S-Н КАПЛЯРНАЯ ВЛАГА ИСПАРЯЕТСЯ ПРИ 140С ; В -ИЗ С-S-Н ВЛАГА С БИТУМОМ
ИСПАРЯЕТСЯ ПРИ 180 С. НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЙ АСФАЛЬТОБЕТОН ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
НЕ ТОКСИЧЕН.**

РЕКОНСТРУКЦИЯ ДОРОГИ «АСТАНА-БОРОВОЕ» 2005 ГОД МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛИНГА С ПОВТОРНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АСФАЛЬТОВОГО ЛОМА



Результаты испытания кернов асфальтоминерального бетонного основания

Участок	Состав	Прочность кернов, через 3 года эксплуатации, МПа		
		Рсжатие	Рраскол	MP3, F
1	2	14,5	4,7	100
2	2	15,9	5,1	100
3	2	14,3	4,5	100
4	1 (2%битум)	13,8	3,9	75
5	2	14,7	4,8	100
6	2	16,1	5,1	100

РЕКОНСТРУКЦИЯ ДОРОГИ «ШИИЛИ-ТОЙКОНУР» (2012 ГОД) 150 КМ. МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛИНГА НА ОСНОВЕ НАНО СТРУКТУРИРУЮЩЕГО БЕЛИТОВОГО ШЛАКОВОГО ВЯЖУЩЕГО



**ПРОЧНОСТЬ НАНО АСФАЛЬТО-МИНЕРАЛЬНОГО БЕТОНА М200 В
ЭКСПЛУАТАЦИИ БОЛЕЕ 12 ЛЕТ ДЛЯ ТЯЖЕЛОГО ТРАНСПОРТА**

**Холодная асфальтоминеральная смесь из асфальтового гранулята (60-70%) и коллоидного вяжущего из ТМО не слеживается
Твердеет в плотном состоянии и при оптимальной влажности
М150-М200, F100**



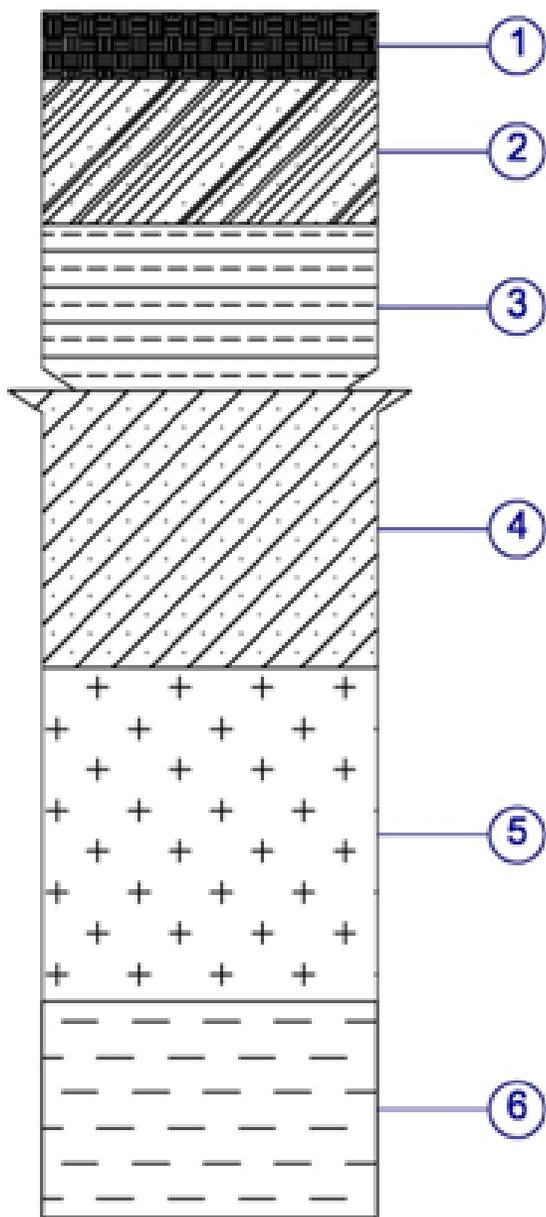
**ХОЛОДНАЯ АСФАЛЬТОМИНЕРАЛЬНАЯ СМЕСЬ,
ПРИГОТОВЛЕННАЯ В УСТАНОВКЕ**

**Патент РК
от 2019 г.**

НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ И ПАТЕНТЫ РК НА ПРИМЕНЕНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ БЕТОНОВ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ



Дорожная конструкция



Варианты долговечных дорожных конструкций
№1 – Слой износа плотного асфальтобетона 6-10 см.

№2 – Монолитное покрытие Н=25 см. из наноструктурированного бетона В15 # В35 F200

№3 – Дренарующий и виброзащитный слой из прочных гранулированных материалов Н до 30 см.

№4 – Монолитное основание Н=25-30 см. из наноасфальто-минерального или дорожного бетона В15 # В25 F200

№5 – Монолитный рабочий слой Н=30 см. из наноструктурированного грунтобетона В10 # В20 F100
*Примечание**.* Классы прочности первая цифра в возрасте 90 суток, вторая # более 5-30 лет эксплуатации автомобильной дороги

№6 – Уплотнённый грунт земляного полотна

Примечание: Для дорог 1 категории №1-6.

Для 2-3 категории №1+№4+№5+№6.

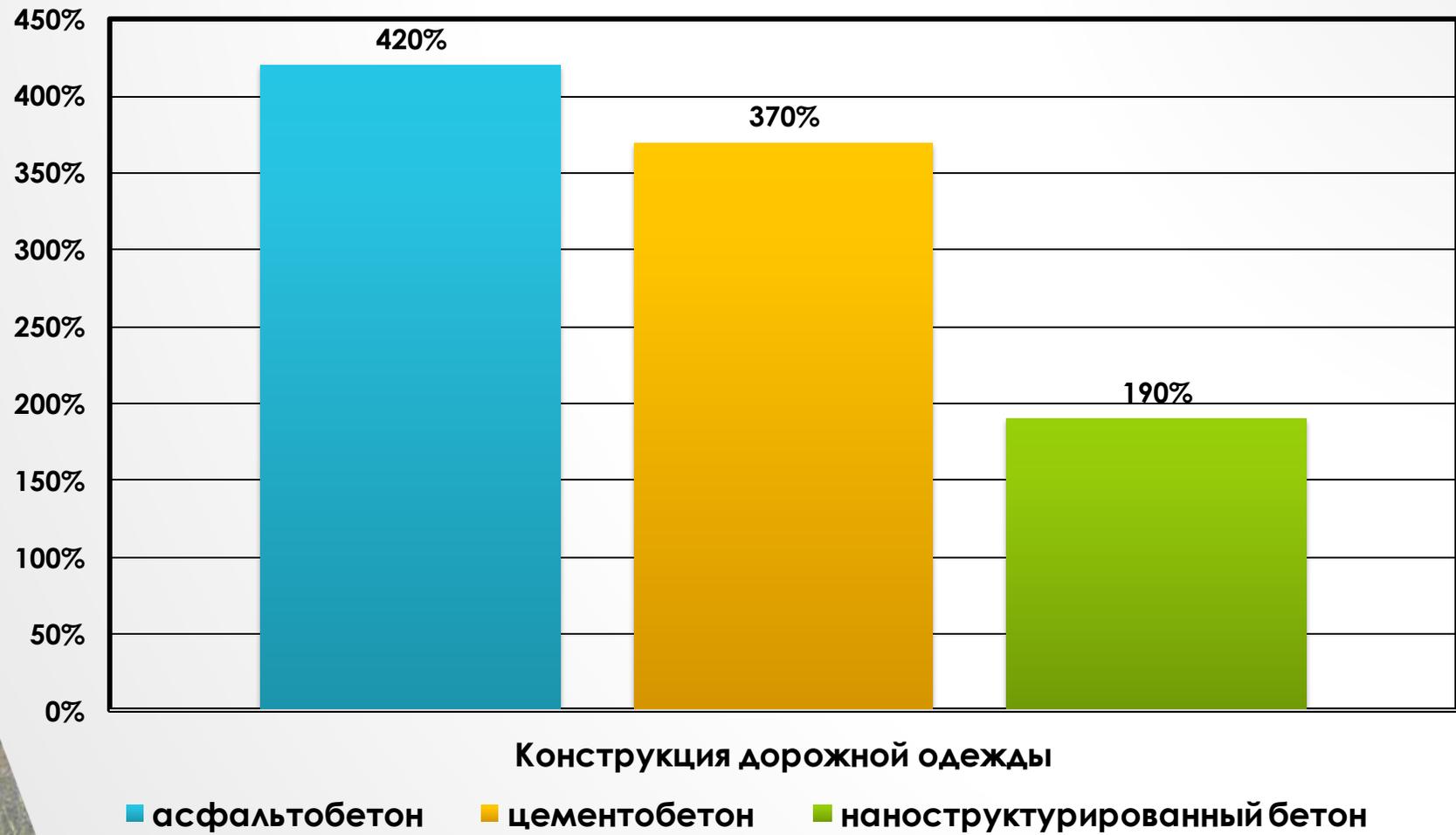
Для дорог 4-5 категории №1+№5+№6

Патент РК № 1995 «Дорожная конструкция»
(варианты),

Категория автомобильных дорог, число полос	Эффективность строительства автодорог с использованием ТМО, в млн.тенге/дней на 1 км.			
	Традиционные технологии		Инновационные технологии с использованием ТМО	
	Стоимость 1км, млн. тенге	Затраты времени на стр-во 1 км. дороги, дней	Стоимость 1 км, млн. тенге (Экономия, %)	Затраты времени на стр-во 1 км. дороги, дней
Автомагистраль, 6 полос/км	1 225	40,0	857(30%)	15,3
Автодорога, 4 полосы	817	26,7	572(30%)	10,2
Автодорога, 2 полосы	350	13,4	286(18%)	5,4
Автодорога, 2 полосы, Холодный Ресайклинг	350	13,4	185 (47%)	2,4



Затраты на 50 лет строительство, содержание автомобильных дорог



Благодарим за внимание!

