

УДК 625.855.3

Г.Я.Дрозд, В.В.Роголин, И.И.Бизирка, Джаафар Елаллак
Донбасский государственный технический университет
Национальный аграрный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ АСФАЛЬТОВОГО ВЯЖУЩЕГО С МИНЕРАЛЬНЫМ И ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫМ ПОРОШКОМ

Приведены экспериментальные результаты по получению композитных вяжущих материалов на основе нефтяного битума и отходов очистки сточных вод – депонированных осадков сточных вод (ОСВ). Исследованы основные физико-механические свойства битума, модифицированного добавками осадков сточных вод в сравнении с традиционным минеральным порошком.

Ключевые слова: *осадки сточных вод, минеральный и органо-минеральный порошок, асфальтовое вяжущее.*

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Для кардинального решения проблем экологии и снижения ресурсоемкости производства необходимо обеспечить кругооборот сырья, утилизировать вторичные ресурсы. Это обусловлено, прежде всего, огромными объемами накопленных (депонированных) отходов ОСВ (в Луганской области свыше 200тыс.т., в Украине около 500млн.т. [1]).

Такие отходы, будучи крупнотоннажными, характеризуются относительной однородностью химического и физического состава и одинаковым происхождением. Крупнотоннажным потребителем отходов может служить дорожно-строительная отрасль. Битум и минеральный порошок – основные структурообразующие компоненты асфальтобетона определяют его свойства и являются достаточно дефицитными материалами. Все дорожные покрытия подвергаются воздействию климатических и эксплуатационных факторов. В результате износа покрытий появляются выбоины, трещины, выкрашивания, колейность и т.п. На ремонт и содержание дорог в стране расходуется более 60% всех потребляемых органических вяжущих и минеральных материалов. Поэтому задачей материаловедения является ресурсосбережение как основной источник материального обеспечения дорожного строительства и создание мощной отраслевой индустриальной базы по переработке и использованию техногенных отходов данного типа.

Такие органо-минеральные смеси, достаточно сложные по составу, с успехом могут применяться в составах экологически чистых дорожных покрытий, характеризующихся повышенной стойкостью и долговечностью [2].

Анализ последних достижений и публикаций.

Наиболее полно вопрос утилизации ОСВ в асфальтобетон освещен в работе [3]. В ней показана возможность использования этого органо-минерального отхода в качестве компонента (аналога минерального порошка) асфальтобетона. При замене минерального порошка на органо-минеральный порошок получается асфальтобетон с высокими физико-механическими свойствами. Остается открытым вопрос, за счет чего ОСВ, являющиеся органо-минеральным веществом конкурирует с чистым минеральным порошком? Ведь нарушаются материаловедческие каноны, предписывающие тщательную очистку минеральных составляющих от органических включений.

Цель работы.

Изучить состав ОСВ и его влияние на свойства асфальтового вяжущего .

Материалы и методики исследований.

Использовали: а) депонированный в течении 10 лет ОСВ Октябрьских очистных сооружений г. Луганска (соотношение: минеральная часть – 79%; органическая -21%) высушенный при температуре 105⁰С и измельченный до фракции минерального порошка ($\approx 0,071$ мм); б) минеральный порошок по ГОСТ Р52129-2003; в) органическое вяжущее – битум дорожный БНД 60/90.

Исследовали: свойства асфальтового вяжущего на основе битума с добавками: минерального порошка и органо-минерального порошка (ОСВ). Количество добавки каждого компонента к битуму составляло 5, 10, 20, 40, 50%. Изучали пенетрацию по ГОСТ 11501; температуру размягчения по кольцу и шару (ГОСТ 11506) , растяжимость (дуктильность) по

ГОСТ 11505, сцепление битума и асфальтового вяжущего со стеклом (ДСТУ Б.В.2.7.-81-98) и прохождение ультразвука по ГОСТ 17624-87, импульсным ультразвуковым прибором УК-14ПМ.

Результаты и их обсуждение.

Все осадки сточных вод являются органо-минеральным комплексом, образующимся в процессе биологической очистки жидкости с последующим осаждением взвеси. В зависимости от времени хранения количество минеральной части может достигать 80%, а органическая часть представлена трудноокисляемой органикой.

Минеральная составляющая осадков сравнительно хорошо изучена и может быть охарактеризована химическим составом, представленным в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав минеральной части осадков сточных вод [1,4].

Хим. состав	Содержание, % масс.					
	Украина			Россия		
	Луганск	Донецк	Артемовск	Ново-сibirск	Омск	Москва
SiO ₂	46,3	33,8	54,2	56,2	54,6	55,3
Al ₂ O ₃	10,05	8,9	9,1	12,4	9,6	12,1
Na ₂ O	0,8	1,8	1,5	-	1,7	1,2
K ₂ O	0,95	1,0	-	-	1,75	1,3
CaO	6,1	12,5	7,3	6,4	13,2	7,6
MgO	1,94	3,6	4,5	4,5	3,4	3,9
TiO ₄	0,4	-	-	1,8	0,7	1,7
MnO	-	-	-	0,3	0,1	0,2
Fe ₂ O ₃	9,25	7,2	5,7	6,0	6,8	6,5
SO ₃	1,6	1,8	2,0	2,7	-	1,7
P ₂ O ₅	1,84	-	-	4,5	-	2,2
Содержание органических веществ, (п.п.п.) %	21,1	47,0	41,2	60,1	60,5	59,8

Минеральная часть осадков представлена преимущественно алюмосиликатами – монтмориллонитом – (Ca, Mn, Na ...)(Al, Mg)₂*

*(OH)₂[(Si, Al)₄xO₁₀]*n*H₂O, каолинитом – Al₄(OH)₈[Si₄*O₁₀], иллитом – (Ca, Mg ...)(Mg, Fe²⁺)*(OH)₂[(Si, Al)₄O₁₀]*4H₂O; карбонатами – кальцитом CaCO₃; кварцем, кремнеземом – SiO₂ [3].

Органическая часть осадка изучена очень слабо ввиду большого разнообразия органических составляющих и по современным представлениям состоит из белково-, жиро-, углеводоподобных веществ в сумме 80-85% и лигнино-гумусового комплекса соединений – 15-20% [5]. Оценим влияние осадка на температуру размягчения в сравнении с битумом и минеральным порошком (табл.2).

Таблица 2

Физико-механические свойства битумного вяжущего, модифицированного различными добавками

Вид добавки	Температура размягчения, °С по кольцу и шару следующих составов:					
	Исходный битум БНД 60/90	Битум + 5%	Битум + 10%	Битум + 20%	Битум + 40%	Битум + 50%
Минеральный порошок	47,5	47,5	48	48	54	58
Органо-минеральный порошок (ОСВ)	47,5	48	49	50,5	55	59,5

В таблице 3 и 4, приведены данные по растяжимости (диктулометрия) и пенетрации модифицированных добавками асфальтовых вяжущих.

Таблица 3

Растяжимость (см) битума и битума, модифицированного добавкой ОСВ при 25⁰С

Вид добавки	Битум БНД 60/90	Битум + 5%	Битум + 10%	Битум + 20%	Битум + 40%	Битум + 50%
Минеральный порошок	94	40	37	27,5	22,5	14,5
Органо-минеральный порошок (ОСВ)	94	44	40	27	22	14

Таблица 4

Глубина проникновения иглы при пенетрации, *0,1мм при 25⁰С

Вид добавки	Битум БНД 60/90	Битум + 5%	Битум + 10%	Битум + 20%	Битум + 40%	Битум + 50%
Минеральный порошок	59	55	51	47,5	40	31
Органо-минеральный порошок (ОСВ)	59	56	53	47,5	38	30

Исследование модифицированного асфальтового вяжущего с добавками ОСВ, а также его минеральной и органической составляющей в пределах от 5 до 50% по массе показали, что во всех случаях введение этих добавок независимо от качественного состава уменьшает пенетрацию и растяжимость при 25⁰С и заметно повышает температуру размягчения вяжущего (таблица 2-4). Органическая составляющая ОСВ не ухудшает качество асфальтового вяжущего, вероятно, из сродства к органическому вяжущему – битуму.

В табл.5 и рис.1 приведены данные исследований по сцеплению асфальтового вяжущего со стеклом.

Таблица 5

Сцепление асфальтового вяжущего со стеклом

№п/п	Состав асфальтового вяжущего	Ср. значение сцепления вяжущего со стеклом, % (по ДСТУ Б.В.2.7-81-98)
1	Битум БНД _{60/90} (100%)	90,17
2	Битум (80%)+ОСВ (20%)	91,57
3	Битум (50%)+ОСВ (50%)	92,28
4	Битум (80%)+мин.пор. (20%)	97,18
5	Битум (50%)+мин.пор. (50%)	92,67

Данные таблицы свидетельствуют о том, что наличие в составе битума порошкового компонента увеличивает степень адгезии асфальтового вяжущего к стеклу, а ОСВ является конкурентом минерального порошка по этому показателю.

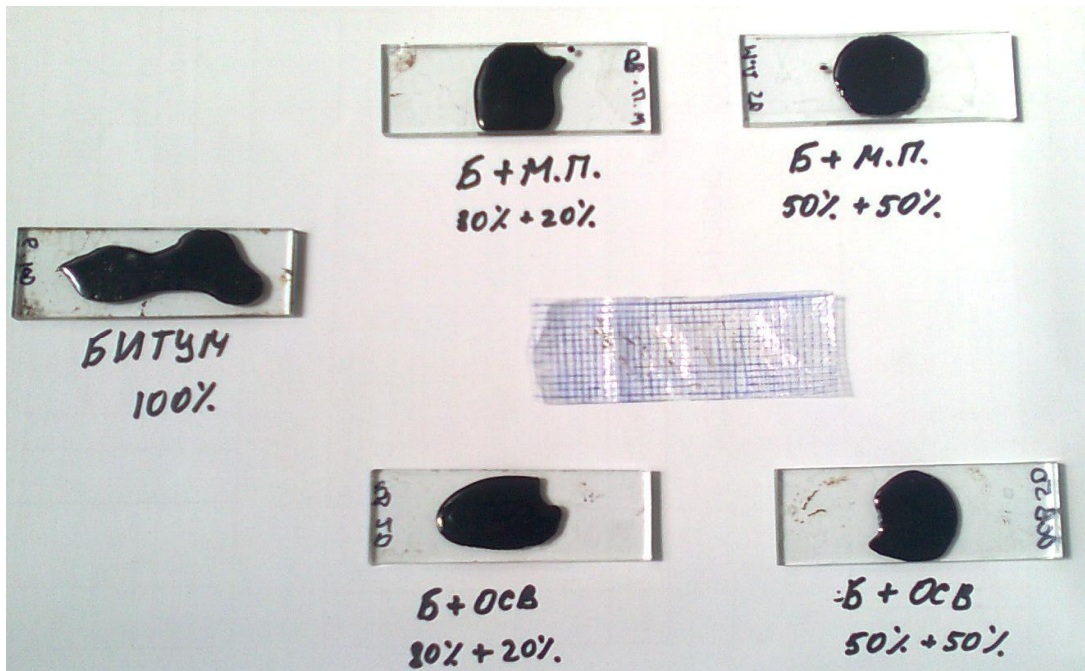


Рис.1 Определение сцепления со стеклом

Для определения влияния минерального порошка и ОСВ на изменение плотности битумной массы, были проведены ультразвуковые испытания на образцах в виде цилиндров диаметром 160мм и высотой 20мм. Марка битума БДН 60/90.

Испытания проводились в лаборатории неразрушающего контроля ДонГТУ, г. Алчевск, на девяти образцах, отличавшихся видом добавки и процентным соотношением добавки и битума. Процентное соотношение добавок составлено 10, 20, 40, 50% для каждого вида добавки. Кроме этого испытывался образец с содержанием битума-100%. Для получения более достоверных данных по каждому образцу, они испытывались по четырем линиям с базовым расстоянием между датчиками 114,5мм. Испытания проводились ультразвуковым прибором УК-14ПМ.

Было проведено 4 цикла испытаний образцов при температурах $+3^{\circ}\text{C}$, $+18^{\circ}\text{C}$, $+30^{\circ}\text{C}$, -18°C . По полученным данным выполнено сравнение значений скоростей ультразвуковых волн в одинаковых образцах при различной температуре. Также выполнено сравнение скоростей ультразвука в образцах с различным процентным содержанием добавок (МП и ОСВ) при одинаковой температуре образцов. (Рис. 2)

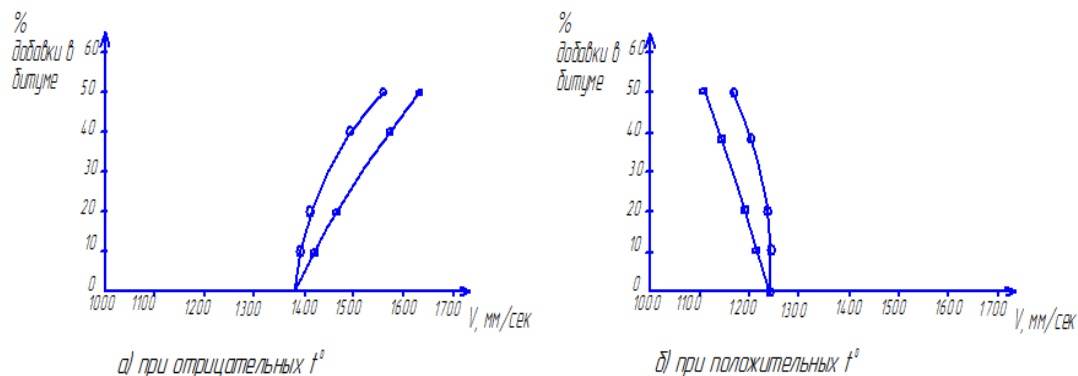


Рис. 2 Изменение скорости ультразвуковой волны в зависимости от процентного содержания добавок (○ – МП, □ – ОСВ) в битуме.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при введении в чистый битум добавок, скорость прохождения звуковой волны возрастает, что говорит о повышении плотности

модифицированного асфальтового вяжущего. При этом в образцах, модифицированных ОСВ, такое повышение имеет большее значение.

На основе битума БНД 60/90 с добавками минерального порошка и ОСВ с содержанием добавок по 6% масс. были изготовлены и испытаны образцы асфальтобетона (таблица 6).

Таблица 6

Физико-механические свойства асфальтобетона с различным видом добавок

№ п/п	Состав асфальтобетона (плотный, тип Б)	Объемный вес, г/см ³	Водонасыщенность, %	Набухание, %	Предел прочности, МПа при температуре		Коэффициент водоустойчивости
					20 ⁰ С	50 ⁰ С	
1	Щебень - 35% Отсев дробления щебня – 59% Минеральный порошок – 6%	2,29	1,71	0,8	6,6	2,2	0,85
2	Щебень – 35% Отсев дробления щебня – 59% ОСВ – 6%	2,28	2,93	0,13	5,6	2,9	0,91
	Требования ДСТУ Б В.2.7 -119-2003		1,5-3,5	Не более 0,85	2,4	1,2	Не менее 0,85

Как следует из таблицы 6, образцы с добавкой 6% ОСВ вместо традиционного минерального порошка соответствуют требованиям ДСТУ и имеют лучшие в сравнении с контрольным составом (с минеральным порошком) прочность при 50⁰С, меньшее набухание и более высокий коэффициент водостойкости.

Выводы.

1. Осадки сточных вод можно рассматривать как сырьевой ресурс и заменитель традиционного минерального порошка в дорожно-строительной отрасли.

2. Органо - минеральный порошок на основе ОСВ можно рассматривать как модификатор асфальтобетона, повышающим долговечность дорожного полотна в условиях повышенных летних температур.

3. В структурообразовании такого строительного материала как асфальтобетон, эффективную роль, вероятно, играет наряду с минеральной и органическая составляющая органо-минеральной добавки ОСВ.

4. Добавка органо - минерального порошка на основе ОСВ позволяет повысить значение плотности модифицированного асфальтового вяжущего.

1. Дрозд Г.Я. Предложения по вовлечению депонированных осадков сточных вод в хозяйственный оборот: Материалы Международного конгресса "ЭТЭВК - 2009", - Ялта, 2009. – стр. 230-242.
2. Дрозд Г.Я., Бреус Р.В. Утилизация осадков сточных вод в дорожном строительстве: Вісті автомобільно-дорожнього інституту. №1 (8), 2009. – Горлівка: ДНТУ. – стр. 186-193.
3. Бреус Р.В. Зниження об'ємів накопичених відходів водоочищення – осадів стічних вод, шляхом їх утилізації в асфальтобетонів: Автореф. дис. ...к.т.н., Харків: УНДІП, 2007. – 21с.
4. Симонов А.Д., Языков Н.А., Трачук А.В., Яковлев В.А. Сжигание осадков сточных вод коммунального хозяйства в псевдоожижном слое катализатора: Альтернативная энергетика и экология. №6 (86), 2010. – стр. 61-66.
5. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. – Москва: АСВ, 2004. – 704стр.
6. Защук И.В. Электроника и акустические методы испытания строительных материалов. – М.: Высш. школа, 1987. – 247с.