

PACS numbers: 81.05.Rm, 81.07.Pr, 82.70.Kj, 83.10.Tv, 83.60.St, 83.80.Iz

## Исследование структурно-реологических свойств битумных пленок

Н. П. Крутько, О. Н. Опанасенко, О. В. Лукша

*Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси,  
ул. Сурганова, 9,  
220072 Минск, Беларусь*

Изучены структурно-реологические свойства битумно-минеральных композиций, структурированных дефекатом — отходом сахарного производства. Проведен сравнительный анализ прочностных и вязкостных характеристик исследуемых битумно-минеральных композиций со свойствами битумов, модифицированных термопластичными полимерами и полимерами природного происхождения. Установлено, что благодаря физико-химическому взаимодействию дефеката с битумом происходит его структурирование с образованием органо-минерального вяжущего. Сравнительный анализ свойств битумов, структурированных дефекатом, со свойствами структурированных полимербитумных композиций подтверждает вывод о целесообразности применения дефеката при приготовлении асфальтобетонных смесей.

Вивчено структурно-реологічні властивості бітумно-мінеральних композицій, структурованих дефекатом — відходом цукрового виробництва. Виконано порівняльну аналізу міцностних та в'язкісних характеристик бітумно-мінеральних композицій, які досліджено, з властивостями бітумів, модифікованих термопластичними полімерами і полімерами природнього походження. Встановлено, що завдяки фізико-хімічній взаємодії дефекату з бітумом відбувається його структуривання з утворенням органо-мінерального в'язучого. Порівняльна аналіза властивостей бітумів, структурованих дефекатом, з властивостями структурованих полімербітумних композицій підтверджує висновок про доцільність використання дефекату при виготовленні асфальтобетонних сумішей.

Structural and rheological properties of the bituminous–mineral compositions structured by defecator (sugar-production waste) are investigated. The comparative analysis of strength and viscosity characteristics of bituminous–mineral compositions under investigation and properties of the bitumens modified by thermoplastic polymers and polymers of natural origin is carried out. As revealed, due to physical and chemical interactions between the defecator and bitumen, its structurization of composition takes place with formation of or-

ganic-mineral binding material. The comparative analysis of properties of the bitumen structured by the defecator with properties of structured polymer-bitumen compositions corroborates the conclusion that the use of the defecator for preparation of asphaltic-cement concrete mixes would be appropriate.

**Ключевые слова:** битумные пленки, структурообразование, битумно-минеральные композиции.

*(Получено 29 августа 2006 г.)*

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Основной задачей коллоидной химии и физико-химической механики является установление закономерностей получения материалов с заданными свойствами. П. А. Ребиндером выделены две проблемы, необходимые для решения этой задачи: изучение физико-химических закономерностей и механизма деформации и разрушения твердого тела, а также исследование процессов структурообразования в дисперсных системах [1]. В его работах было также уделено особое внимание исследованию процессов структурообразования в нефтяных битумах.

Анализ большого экспериментального и теоретического материала показал, что эта проблема до настоящего времени остается актуальной. Одним из основных путей целенаправленного регулирования структурно-реологических свойств битумов является использование добавок различной химической природы, структурирующих битумную матрицу [2]. Исследования структурно-реологических характеристик композиций сводятся к описанию закономерностей их течения и являются важнейшим инструментом, позволяющим прогнозировать поведение материала в реальных условиях его эксплуатации.

В данной работе представлены результаты структурно-реологических исследований битумных пленок, структурированных дефекатом — отходом сахарного производства.

Дефекат представляет собой подвижную тонкодисперсную массу ( $d = 0,067$  мм) серого цвета, влажность которой при образовании составляет 40–50%, а в отвалах снижается до 18–20%. В его состав входят (% по массе):  $\text{CaCO}_3$  — 74, сахар — 2, пектиновые вещества — 1,7, минеральные вещества — 22,3. Он является побочным продуктом сахарного производства и образуется при очистке сахарных стоков известью [3]. Проведен сравнительный анализ прочностных и вязкостных характеристик исследуемых битумно-минеральных композиций со свойствами битумов, модифицированных термопластичными полимерами [4] и полимерами природного происхождения [5], широко используемыми в настоящее время.

## 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

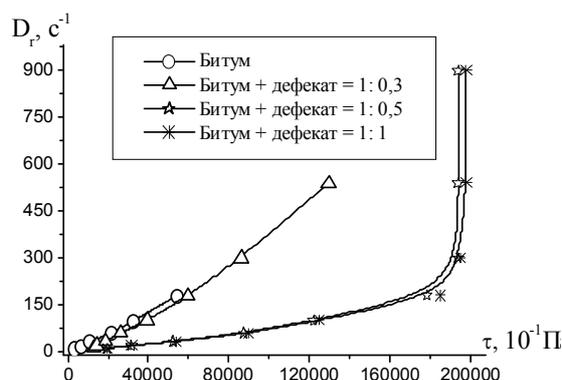
**Объекты исследований.** Для исследований были приготовлены композиции следующего состава: 1) битум + дефекат = 1:1; 2) битум + дефекат = 1:0,5; 3) битум + дефекат = 1:0,3.

**Метод исследования.** Реологические исследования битумно-минеральных композиций проводили на ротационном вискозиметре «Ретотест-2» с использованием конусо-пластиночного измерительного устройства, принцип работы которого основан на измерении вязкости тонкой пленки материала, помещенной между соосными поверхностями и подвергнутой сдвигу.

**Результаты и их обсуждение.** На рисунке 1 приведены реологические кривые течения битумно-минеральных композиций при 70°C.

Значения структурно-реологических параметров исследуемых битумно-минеральных композиций представлены в табл. 1.

На основании анализа рассчитанных реологических показателей исследуемых битумно-минеральных смесей установлено, что введение в битум дефеката способствует увеличению его когезионных свойств, характеризуемых величиной условного статического предела упругости  $P_{k1}$ . Этот показатель увеличивается в 4 раза по срав-



**Рис. 1.** Реологические кривые течения исходного битума и его композиций с дефекатом при температуре 70°C.

**ТАБЛИЦА 1.** Значения структурно-реологических параметров битумно-минеральных композиций при  $T = 70^\circ\text{C}$ .

Образец	$P_{k1}, 10^{-1} \text{ Па}$	$P_{k2}, 10^{-1} \text{ Па}$	$P_m, 10^{-1} \text{ Па}$	$\eta_0, \text{ мПа}\cdot\text{с}$
Битум	3268	—	54467	29441
Битум + дефекат = 1:0,3	13072	25000	129632	117767
Битум + дефекат = 1:0,5	19608	140000	193904	176651
Битум + дефекат = 1:1	19608	135000	193904	176651

нению со значением для исходного битума уже для соотношения компонентов битум:дефекат = 1:0,3. Дальнейшее увеличение концентрации дефеката приводит к незначительным изменениям  $P_{k1}$ . При сравнении показателей  $P_{k2}$  — условного динамического предела текучести, показано, что введение в битум дефеката в количестве 0,3 частей практически не приводит к улучшению упруго-пластичных свойств битумно-минеральных композиций. Увеличение содержания минерального компонента в битуме (до 0,5 частей) приводит к заметному изменению упруго-пластичных характеристик системы. Показатель  $P_{k2}$  для композиции «битум + дефекат = 1:0,5» в 7 раз превосходит это значение для композиции «битум + дефекат = 1:0,3». Аналогичное влияние оказывает количество введенного наполнителя и на изменения прочностных характеристик ( $P_m$ ), соответствующих предельному разрушению структуры.

На основании изучения структурно-реологических свойств битумно-минеральных композиций, приготовленных с использованием дефеката, показано, что улучшение их свойств наблюдается в следующем ряду: битум < битум + дефекат (1:0,3) << битум + дефекат (1:0,5) ~ битум + дефекат (1:1).

Значительное увеличение прочностных характеристик битума при введении дефеката, обусловлено тем, что благодаря физико-химическому взаимодействию дефеката с битумом происходит его структурирование с образованием органоминерального вяжущего.

В качестве структурирующих добавок к битуму широко используются термопластичные сополимеры на основе этилена, и полимеры природного происхождения (целлюлоза). В связи с этим, пред-

**ТАБЛИЦА 2.** Значения наибольшей вязкости неразрушенной структуры ЭВА-модифицированных битумов при  $T = 70^\circ\text{C}$ .

Этилен винилацетат (ЭВА)	
Концентрация полимера, %	$\eta_0$ , мПа·с
1	58000
3	117000
5	215000

**ТАБЛИЦА 3.** Значения структурно-реологических параметров целлюлозно-битумных композиций при  $T = 70^\circ\text{C}$ .

Образец/Исследуемый параметр	$P_{k2}$ , $10^{-1}$ Па	$P_m$ , $10^{-1}$ Па
Битум + минеральный порошок + 1% целлюлозы № 1	48000	60000
Битум + минеральный порошок + 1% целлюлозы № 2	28500	42000
Битум + минеральный порошок + 1% целлюлозы № 3	37500	46000

ставляет интерес провести сопоставительный анализ свойств битумов, структурированных дефекатом, со свойствами структурированных полимербитумных композиций.

В таблице 2 приведены значения наибольшей вязкости практически неразрушенной структуры ( $\eta_0$ ) для ЭВА-модифицированных битумов, определенные при  $T = 70^\circ\text{C}$ . Сравнение вязкостных характеристик композиций, приведенных в табл. 1 и 2, показало, что при введении дефеката в битум при соотношении компонентов 1:0,5 и 1:1 значения  $\eta_0$  сопоставимы со значениями вязкостей композиций, содержащих 3–5% сополимеров ЭВА.

Кроме того, использование в качестве структурирующего наполнителя дефеката оказывает влияние на изменение прочностных и упруго-пластичных свойств исходного битума, чем, например, введение в композицию целлюлозных волокон.

В таблице 3 приведены показатели динамического предела текучести ( $P_{k2}$ ) и граничного напряжения, соответствующего предельному разрушению структуры ( $P_m$ ) для битумных композиций, приготовленных на основе целлюлозных волокон различного типа. При сравнении показателей, приведенных в табл. 3, с данными, представленными в табл. 1, видно, что показатели, соответствующие пределу текучести и предельному разрушению структуры для композиций на основе дефеката в 3–5 раз превышает эти же показатели для целлюлозно-битумных композиций (ЦБК).

Таким образом, на основании проведенных исследований показана возможность использования в качестве структурирующей добавки в битумы отхода сахарного производства — дефеката. Сравнительный анализ свойств битумов, структурированных дефекатом, со свойствами структурированных полимербитумных композиций подтверждает вывод о целесообразности применения дефеката при приготовлении асфальтобетонных смесей.

Проведены опытно-промышленные испытания битумно-минеральных смесей на основе дефеката. Мониторинг опытного участка показал, что состояние дорожного покрытия является удовлетворительным — разрушений не наблюдается.

## ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. Н. Влодавец, *Журнал физической химии*, **73**, № 10: 1735 (1999).
2. Н. М. Руденская, А. В. Руденский, *Реологические свойства битумов* (Москва: 1967).
3. *Справочник отходов производственных предприятий Белорусской ССР, используемых для выпуска строительных материалов* (Минск: 1988), т. 2.
4. О. В. Лукша, Н. П. Крутько, О. Н. Опанасенко, Л. В. Овсенко, *Весці НАН Беларусі. Сер. хім. навук*, № 3: 12 (2005).
5. О. В. Лукша, *Весці НАН Беларусі. Сер. хім. навук*, № 5: 66 (2005).