

## УРЕАТНЫЕ (ПОЛИМОЧЕВИННЫЕ) ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ (Обзор)

© А. С. Лядов<sup>1,2</sup>, Ю. М. Максимова<sup>1,3</sup>, А. С. Шахматова<sup>1,3</sup>, В. В. Кириллов<sup>2</sup>, О. П. Паренаго<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева РАН, Москва

<sup>2</sup> Электрогорский институт нефтепереработки

<sup>3</sup> Российский университет дружбы народов, Москва

E-mail: lyadov@ips.ac.ru

Поступило в Редакцию 6 июня 2018 г.

*Обзор посвящен пластичным смазкам, в которых в качестве загустителя используются органические мочевины различного состава и строения. Рассмотрена природа соединений, участвующих в синтезе органических мочевины, и основные типы полимочевинных загустителей. Представлены физико-химические, трибологические и эксплуатационные свойства пластичных полимочевинных смазок.*

Сегодня невозможно представить эксплуатацию любого узла трения без использования пластических смазок. Пластичные смазки относятся к полутвердым смазочным материалам, которые состоят, как правило, из двух основных компонентов: базового масла и загустителя. Первое упоминание об использовании пластичных смазок и их составе было обнаружено в

сохранившихся источниках эпохи Древнего Египта. В XIX веке в качестве загустителя стали активно использовать мыла, эти загустители и сегодня играют важную роль при производстве пластичных смазок. Краткая история возникновения и развития пластичных смазок представлена в табл. 1.

**Таблица 1**

Хронология возникновения различных типов пластичных смазок

Дата	Событие
Около 1400 г. до н. э.	Для смазки осей Хеттских колесниц стали использовать животный жир и известняк. В Древнем Египте в это же время использовали смазки на основе оливкового масла и известняка
1845	В США изобретена смазка, состоящая из минерального масла, животного жира и известняка
1853	Первая натриевая смазка появилась в Великобритании на основе говяжьего жира
1912	Начало производства в Японии кальциевых смазок с дисперсионной средой на основе минерального масла
1938	Изобретение литиевых смазок, которые быстро завоевали мир и стали использоваться в качестве многоцелевых смазок
1954	Изобретение комплексных алюминиевых смазок для эксплуатации при высоких температурах
1955	Изобретение уреатных смазок в США

Таблица 2

Базовые масла, загустители и присадки современных смазок

Базовые масла	Загустители	Присадки
Минеральные масла	Натриевые мыла	Антиокислительные
Синтетические масла	Кальциевые мыла	Противозадирные
Диэфиры	Литиевые мыла	Модификаторы трения
Силиконовые жидкости	Алюминиевые мыла	Ингибиторы коррозии
Фосфатные эфиры	Литиевые комплексные	Деактиваторы металлов
Фторированные силиконы	Кальциевые комплексные	Красители
Хлорированные силиконы	Алюминиевые комплексные	Структурные модификаторы
Полигликоли	Бентонит	
	Оксид кремния	
	Углерод/графит	
	Полимочевина	
	Полиэтилен	
	Индантеновые красители	
	Фталоцианиновые красители	

Табл. 2 иллюстрирует все многообразие современной номенклатуры пластичных смазок [1]. Комбинируя базовое масло, загуститель и присадки, можно получить неограниченное количество композиций смазок для разных целей с широким спектром эксплуатационных характеристик.

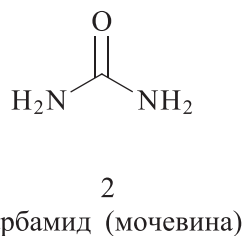
Бурное развитие технологий и техники, появление высокопроизводительных станков и агрегатов резко повысили требования, предъявляемые к смазкам. Все чаще смазки с мыльными загустителями не отвечали этим требованиям, что приводило к созданию смазок с новыми загустителями, например, на уреатной основе. Впервые уреатный загуститель был запатентован

в 1955 г. [2], а смазки, загущенные органическими мочевидами, получили широкое распространение за счет улучшенных физико-химических, трибологических и эксплуатационных свойств по сравнению с мыльными смазками [3].

Данный обзор посвящен пластичным смазкам, в которых в качестве загустителя используются органические мочевины различного состава и строения.

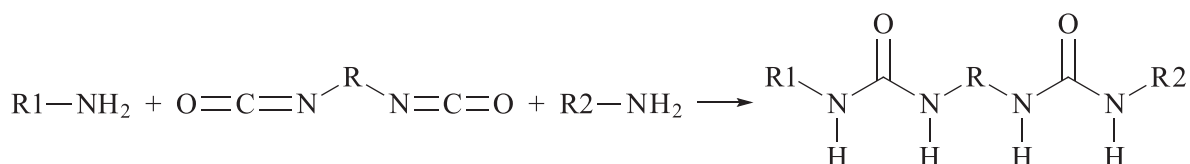
#### Загустители на основе органических мочевин

Органическими мочевинами называются соединения, имеющие в своем составе следующую группу атомов:



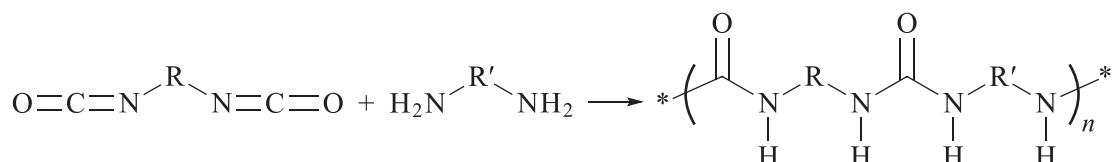
Простейшим представителем мочевин является карбамид. Соединения, включающие две карбамидные группы, называются димочевинами, более двух —

полимочевинами. В качестве загустителей в основном используют димочевинами, которые могут быть получены по реакции диизоцианатов с аминами [4]



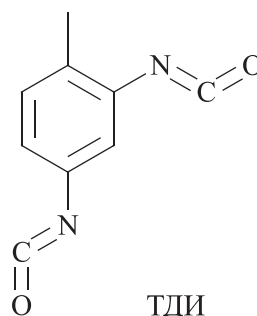
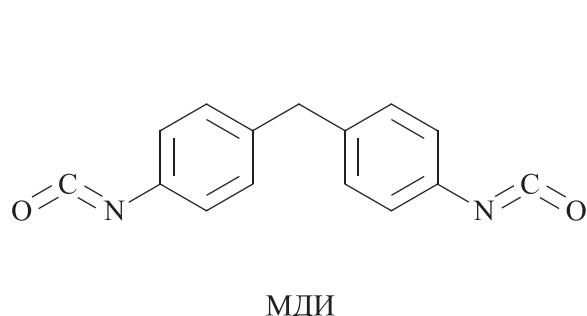
Эта реакция является экзотермической и легко протекает без каких-либо дополнительных воздействий. Несмотря на то что в качестве загустителей в большинстве случаев используют димочевины, за ними прочно закрепился термин полимочевины. Истинные

полимочевины также могут быть использованы в качестве загустителя, и они получаются по реакции сополимеризации соответствующих диизоцианатов и диаминов



Наибольшее распространение для получения полимочевин получили следующие изоцианаты: МДИ

(дифенилметандиизоцианат), ПИЦ (полиизоцианат) и ТДИ (толуилендиизоцианат):



МДИ, в частности 4,4'-изомер, является наиболее производимым диизоцианатом в мире, на его долю приходится около 60% рынка. Товарный продукт ПИЦ (полиизоцианат) представляет собой смесь продуктов 55% МДИ, 25% триизоцианатов и 20% полиизоцианатов [5]. ТДИ в основном производится в виде 2,4-изомера, и его доля на рынке составляет около 30%.

В качестве аминов при получении мочевиновых загустителей используют главным образом первичные амины: анилин, индивидуальные алифатические амины (октиламин, додециламин, октадециламин, продающийся под торговой маркой Рофамин-Т или Флотамин) или их смеси.

#### Страны и регионы-производители полимочевинных смазок

Создание пластичных полимочевинных смазок (ПМ-смазки) является одним из наиболее значимых открытий в индустрии смазочных материалов с мо-

мента окончания Второй мировой войны. Несмотря на то что технология их получения была разработана в США, наибольшее распространение уреатные смазки получили в Японии, где до сих пор их доля на рынке составляет около 21%. В табл. 3 представлены данные производства разных типов смазок по странам и регионам. Как видно из данных табл. 3, ПМ-смазки первоначально выпускались только в Японии, Китае и странах Северной Америки. В 2011 г. году эта ситуация немного изменилась, и этот тип смазок стал производиться в Европе (рис. 1) [6].

Общая доля производства уреатных смазок в мире, по разным оценкам, не превышает 4–5%. В России в настоящее время существует лишь одно предприятие ПАО «Электрогорский институт нефтепереработки», имеющее собственное производство ПМ-смазок различного назначения. Общая производительность предприятия составляет 500 т в год, что может покрыть потребность Российской Федерации в этом продукте и полностью отказаться от использования импортных аналогов.