

# МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

## КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО- СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра физики, электротехники и автоматики

### Достижения КГАСУ в области изучения эпоксидных смол

Выполнил: Соколов-Сыромятников В.В.  
Преподаватель: Потапова. А.И

Казань 2016

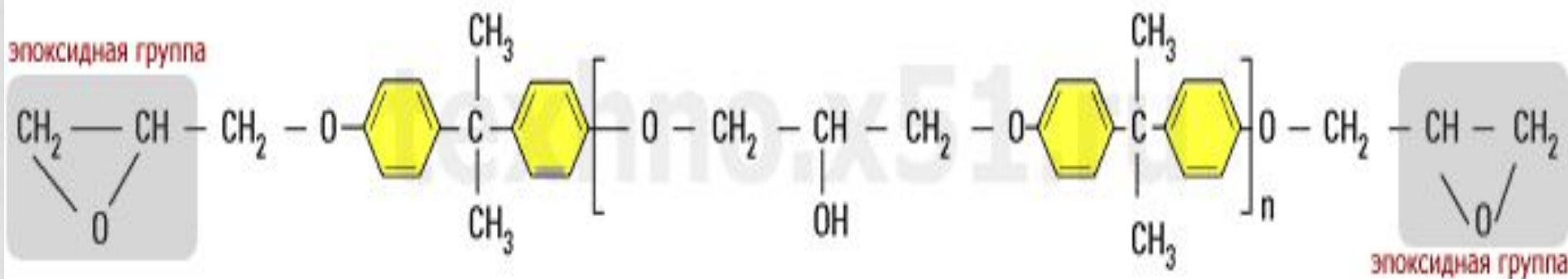
# СОДЕРЖАНИЕ

- Эпоксидная смола-общая структурная химическая формула.
- История возникновения эпоксидных смол.
- Применение эпоксидных смол в строительстве.
- Исследование влияния эпоксидных полимерных покрытий на биостойкость и гидроизоляционные свойства бетонных поверхностей.
- Эпоксидный силан как сшивающий агент между битумом и полимерным модификатором.
- Изучение влияния углеродных нанотрубок на конверсию эпоксидных групп в эпоксиаминных композициях.

# ЭПОКСИДНАЯ СМОЛА-ОБЩАЯ СТРУКТУРНАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ФОРМУЛА

- Эпоксидная смола- мономеры, олигомеры, или полимерные растворы, содержащие не менее двух эпоксидных или глицидиловых групп, которые расположены на концах и вдоль основной цепи молекулы, либо в кольце алицикла и способные под действием отвердителей образовывать сшитые полимеры.
- При взаимодействии дифенилпропана с эпихлоргидрином образуется полимер с прямой цепью, характеризующийся двумя функциональными группами- эпоксидной и гидроксильной.

Строение неотверждённых эпоксидных смол может быть выражено формулой:



В структурной формуле число  $n$  указывает на число мономеров в полимере эпоксидной смолы (**степень полимеризации эпоксидной смолы**) и может достигать 25.

# ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ



Слово «эпоксид» образовано от двух греческих корней: ері — «над» и оху — «кислый». История возникновения и широкого развития эпоксидных соединений восходит к началу прошлого столетия, когда в 1908 г. известным русским химиком Н.А. Прилежаевым была открыта реакция окисления алкенов надкислотами с образованием эпоксидных соединений, получившая его имя.

Прилежаев Николай  
Александрович

# ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ

В середине 1930-х гг. немецкий химик П. Шлак запатентовал способ получения высокомолекулярных полиаминов, образующихся при взаимодействии аминов с эпоксидными соединениями, содержащими в молекуле более одной эпоксидной группы [1]. В 1936 г швейцарский ученый П. Кастан путем взаимодействия бисфенола А с эпихлоргидрином синтезировал низковязкую смолу янтарного цвета, которая при взаимодействии с фталевым ангидридом переходила в неплавкое и нерастворимое состояние. Он предложил применять такие смолы в производстве зубных протезов и некоторых литых изделий. Сделанное открытие позднее было запатентовано известной фирмой Ciba

В 1939 г. американский химик С. Гринли, сотрудничая с фирмой Devoe-Reynolds, синтезировал ряд аналогичных смол, рекомендованных для получения защитных покрытий [3]. Это направление оказалось весьма перспективным. Однако первый успешный промышленный выпуск таких смол состоялся лишь в 1947 г. В дальнейшем в течение 10 лет объем их производства составил более 13,6 тыс. т, а в последующие шесть лет увеличился еще в 3 раза.

# ПРИМЕНЕНИЕ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ



Промышленные наливные полимерные полы

# ПРИМЕНЕНИЕ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Наиболее универсальной эпоксидной смолой выпускаемой российской промышленностью, является ЭД-20**

Эпоксидная смола марки ЭД-20 имеет 2 эпоксидные группы. Структурная формула эпоксидной смолы ЭД-20 имеет вид:

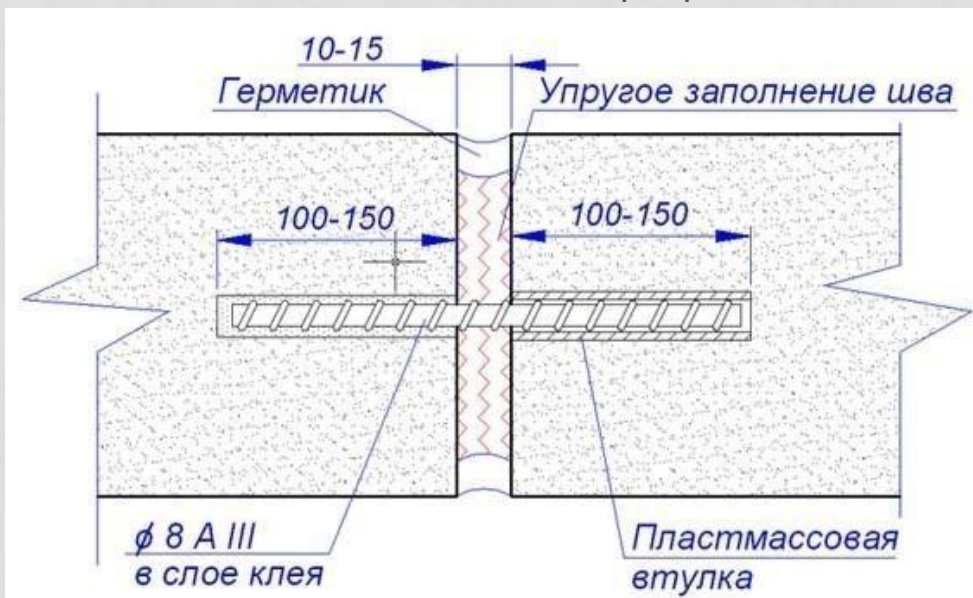


Чем выше степень полимеризации эпоксидной смолы, тем выше вязкость. При больших значениях степени полимеризации эпоксидная смола будет твердым веществом.

# ПРИМЕНЕНИЕ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В сфере строительства эпоксидная смола применяется в основном там, где необходимо добиться сверх показателей: сверх прочность, сверхадгезия, сверх водонепроницаемость сверх устойчивость ( к чему либо).

Из эпоксидной смолы изготавливают всевозможные грунтовки, высококачественные лакокрасочные покрытия. Эпоксидная смола основной компонент высокопрочных составов для приклеивания керамической плитки и заделывания деформационных швов.

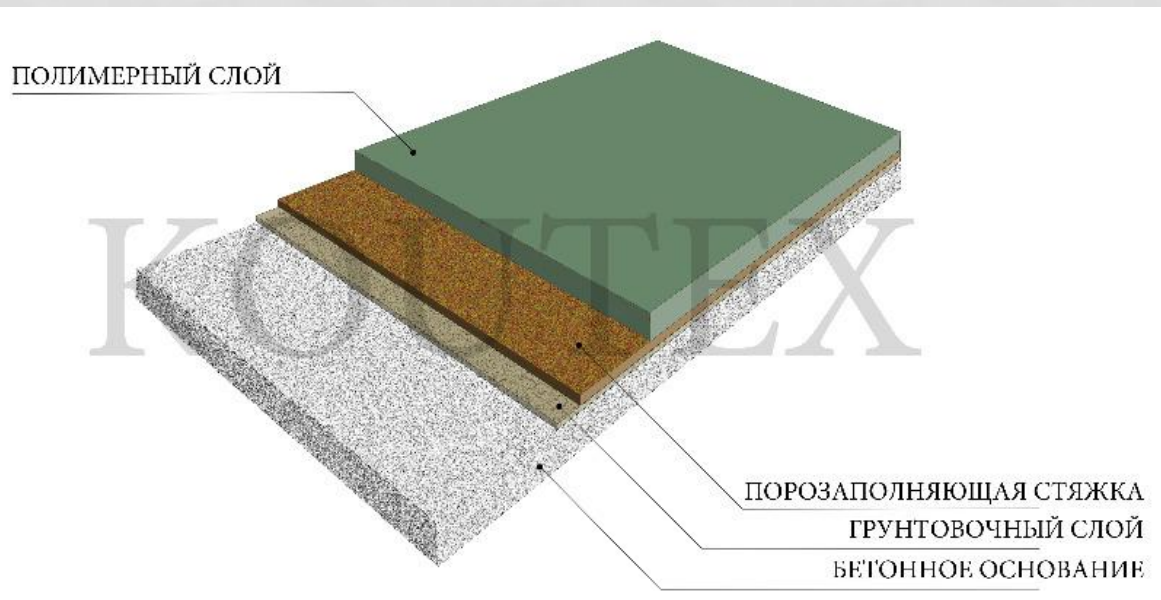




# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ НА БИОСТОЙКОСТЬ И ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ СВОЙСТВА БЕТОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ.

Разработчики: Строганов В.Ф. - профессор, доктор химических наук  
Куколева Д.А. - ассистент  
Мухаметова А.М. - аспирант

Данная работа посвящена изучению влиянию эпоксидных полимерных покрытий на биостойкость и гидроизоляционные свойства бетонных поверхностей.



Полученные результаты позволили установить, что одним из перспективных способов защиты от воздействия биологически активных сред является применение эпоксидных композиций.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ НА БИОСТОЙКОСТЬ И ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ СВОЙСТВА БЕТОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Таблица 1

Вид и количество применяемых компонентов заявляемой полимерной композиции и режимы ее приготовления по примерам 2-7

№	Вид компонента и параметры	Величина и вид показателя					
		2	3	4	5	6	7
1	Компоненты смоляной части и температура смешения Эпоксидная диановая смола, А <u>М.М</u> Эп.число,%	ЭД-20 <u>380</u> 20,5	ЭД-20 <u>380</u> 20,5	ЭД-20 <u>380</u> 20,5	ЭД-16 <u>500</u> 16	ЭД-22 <u>370</u> 21,8	ЭД-8 <u>1000</u>
2	Эпоксидная алифатическая смола, Б <u>М.М</u> Эп.число,%	ТЭГ-1 <u>300</u> 20	ТЭГ-1 <u>300</u> 20	ТЭГ-1 <u>300</u> 20	Диглицидиловый эфир гликоля ДЭГ-1 <u>300</u> 20	Дизтилен <u>300</u> 20	Смола Э-181(диглицидиловый эфир полиэпихлоргидрина) <u>300</u> 20
3	Малолетучий эфир, В	Дикаприл фталат	Дибутилфталат	Диоктилфталат	Дибутилфталат	Дибутилфталат	Дибутилфталат
4	Соотношение А:Б:В	60:15:25	60:15:25	60:15:25	90:5:5	60:15:25	30:25:45
5	Т смешения, °С	70	70	70	60	55	90
6	Вид и количество наполнителя, масс.ч.	Маршалит, 215	Маршалит, 215	Карбид бора, 215	Графит, 30	Смесь маршалита и карбид бора (1:1), 400	Графит, 30
1	Состав и характеристика отвердителя Ароматический амин (К)	метафенилендиамин	Пара-амино-бензиламин	(ТУ 113-38-67-90) Аромат. полиамин (полиамин Б)	Аромат. полиамин (полиамин Х)	Толуилендиамин	(ТУ 6-14-22-106-84) Аромат. полиамин (полиамин Т)
2	Соотношение К:Л:М:Н (амин:салиц. кислота: бензил. спирт :фурфурол)	88:2:8:2	44:10:30:16	66:6:19:9	66:6:19:9	66:6:19:9	66:6:19:9
3	М.м./Глл полученного отвердителя	230/10	400/5	360/2	380/16	290/22	365/18
4	Т растворения салицил. кисл. °С	60	60	60	50	80	60
5	Т перемешивания 4 компонентов °С	80	60	70	70	70	70
6	Время взаимод. 4 комп., мин	10	20	15	15	15	15
7	Количество отвердителя на 100 мас.ч. смоляной части	12	50	36	36	36	36

\* Продукт взаимодействия орто-хлоранилина с формальдегидом.

Выполнены эффективными для защиты минеральных строительных материалов от воздействия влаги и биологически активных сред являются двухслойные полимерные покрытия на основе ЭД-20 отвержденные ДЭТА и ПЭПА. Исследования позволили установить, что наиболее

# ЭПОКСИДНЫЙ СИЛАН КАК СШИВАЮЩИЙ АГЕНТ МЕЖДУ БИТУМОМ И ПОЛИМЕРНЫМ МОДИФИКАТОРОМ.

Разработчики: Аюпов Д.А. - кандидат технических наук, старший преподаватель

Мурава А.В. - кандидат технических наук, доцент

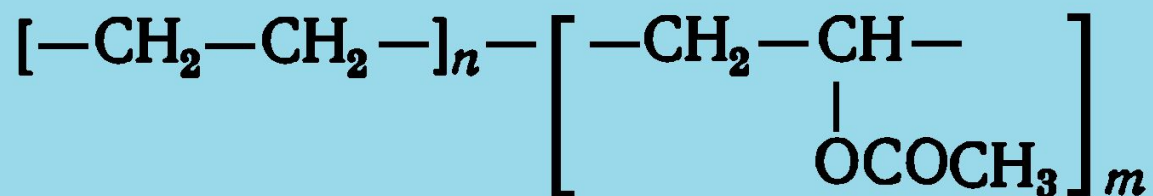
Потапова Л.И. – кандидат химических наук, доцент

Ягунд Э.М. – кандидат химических наук, доцент

Кузакулов Р.И. - инженер

В данной работе изучено отдельное влияние эпоксидированного силана и сополимера этилена с винилацетатом на битум.

## Сополимер этилена с винилацетатом (севилен)





# ЭПОКСИДНЫЙ СИЛАН КАК СШИВАЮЩИЙ АГЕНТ МЕЖДУ БИТУМОМ И ПОЛИМЕРНЫМ МОДИФИКАТОРОМ.

Основные характеристики разработанных битумполимерных вяжущих

Составы, м.ч.	Температура размягчения, °С	Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм	Дуктильность при 25 °С, см	Эластичность, см	Индекс пенетрации
Битум	46	89	>100	-	-0,8257
Битум 100 СЭВ 1	49	84	>100	-	-0,0398
Битум 100 СЭВ 2	51	80	>100	-	0,8755
Битум 100 СЭВ 3	52	79	>100	-	1,2507
Битум 100 СЭВ 4	52	78	92	39,13	0,4378
Битум 100 ЭС 1	49	87	>100	-	-0,5363
Битум 100 ЭС 2	50	83	>100	-	-0,3069
Битум 100 ЭС 3	48	88	>100	-	-0,2755
Битум 100 ЭС 4	46	90	>100	-	-0,7975

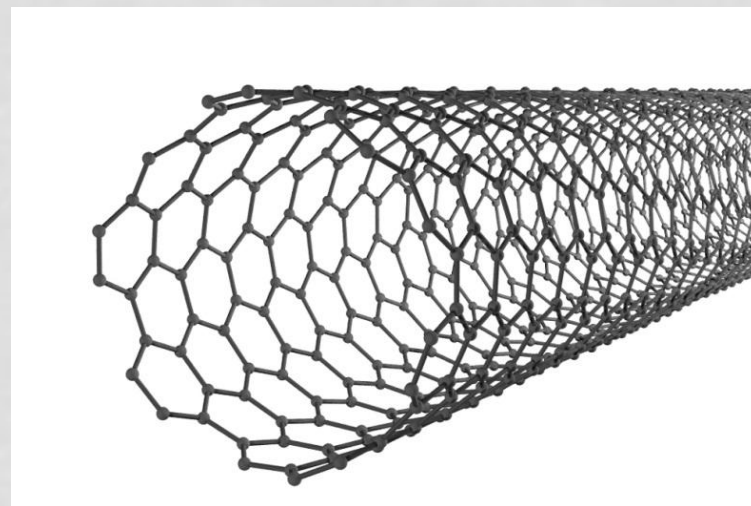
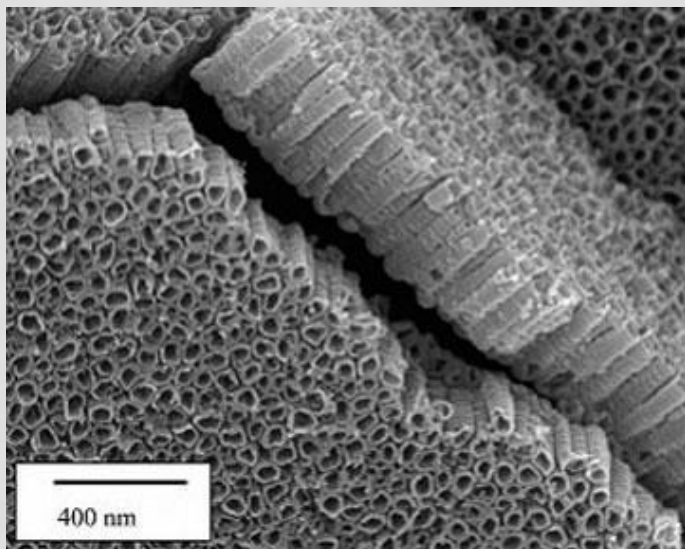
Выводы по проделанной работе:

1. Расслаиваемость битумполимерных вяжущих накладывает существенные ограничения на процессы их хранения и транспортировки.
2. Севилен может быть химически «подшит» к битуму через связующий агент – эпоксилян.
3. Эпоксилян представляет собой телехелатное гетерофункциональное вещество, что позволяет ему химически реагировать одновременно с битумом и сэвиленом.
4. Эпоксилян мало влияет на свойства битума и необходим лишь для придания нераслаиваемости БПВ.
5. Избыток эпоксилана в смеси ведет к нежелательной пластификации битума.

# ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА КОНВЕРСИЮ ЭПОКСИДНЫХ ГРУПП В ЭПОКСИАМИННЫХ КОМПОЗИЦИЯХ.

Разработчики: Кузнецова Л.М. – старший преподаватель  
Потапова Л.И. – кандидат химических наук, доцент  
Ягунд Э.М. – кандидат химических наук, доцент  
Яхин Р.Г. – доктор технических наук, профессор

В данной работе методами ИК-спектроскопии и оптической микроскопии исследовано влияние нативных и функционализированных углеродных нанотрубок на кинетику формирования и степень конверсии эпоксигрупп в эпоксисаминных композициях.

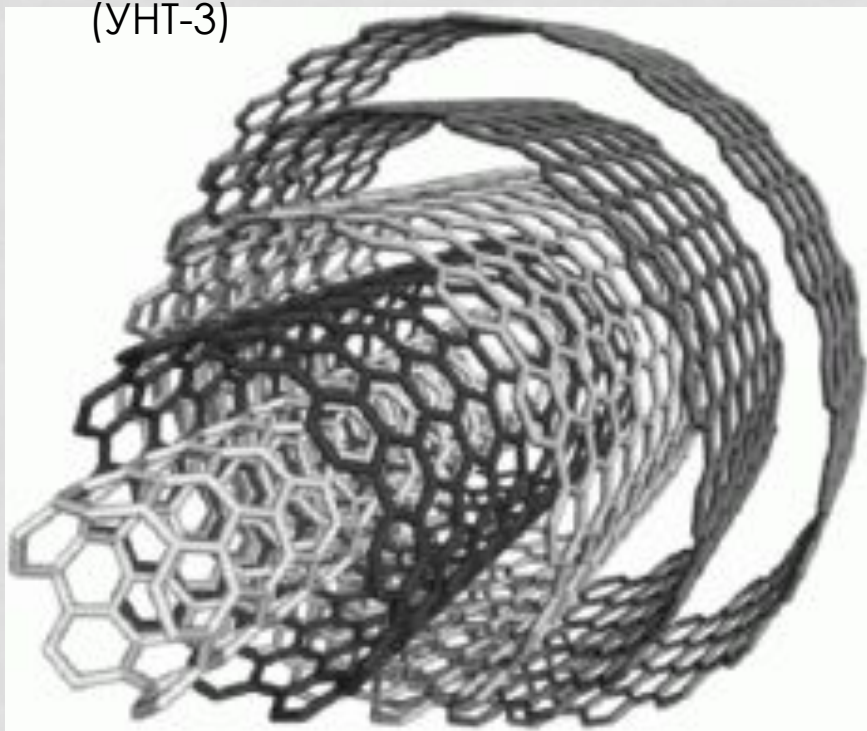


**Углеродные нанотрубки**

# ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА КОНВЕРСИЮ ЭПОКСИДНЫХ ГРУПП В ЭПОКСИАМИННЫХ КОМПОЗИЦИЯХ.

В данной работе было использовано три типа нанотрубок:

1. Нативные нанотрубки, полученные на лабораторном плазмотроне (УНТ-1)
2. Промышленные нативные нанотрубки марки «Таунит» (УНТ-2)
3. Функционализированные многослойные нанотрубки производства Arkema (УНТ-3)



Модель многослойных нанотрубок

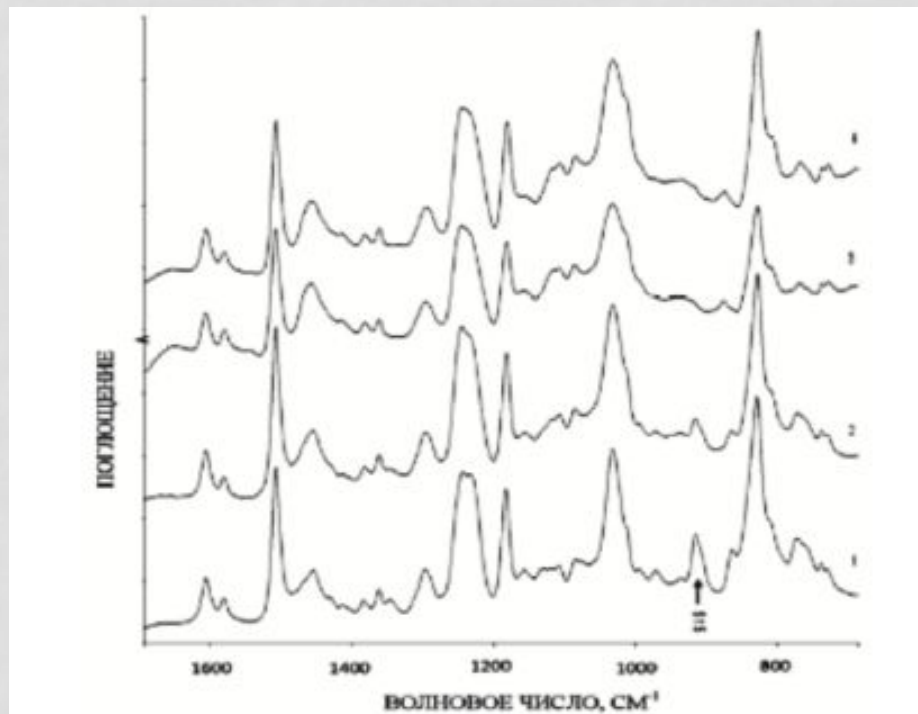
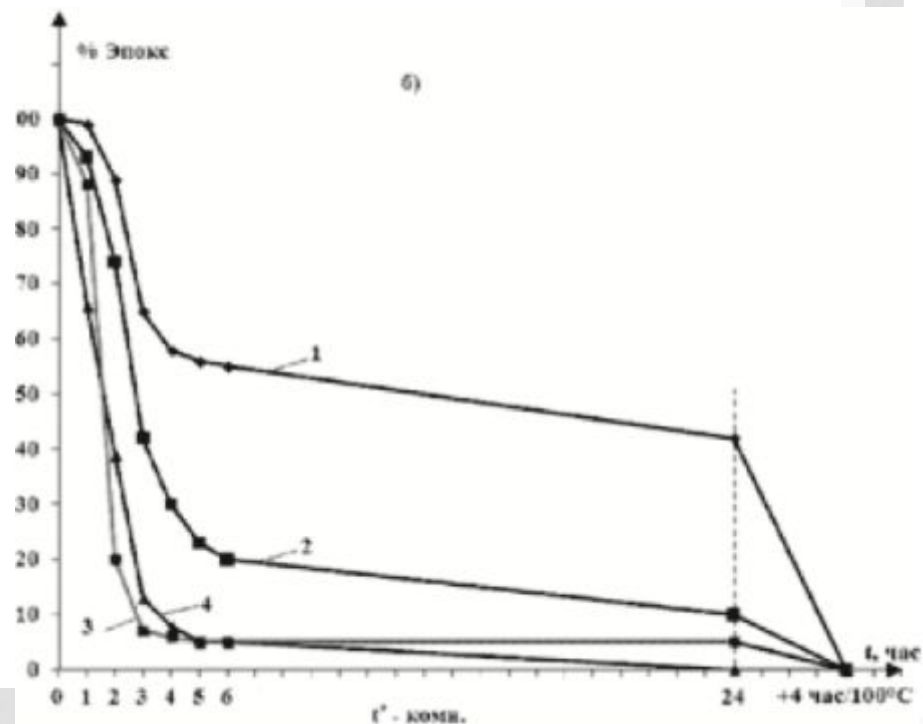
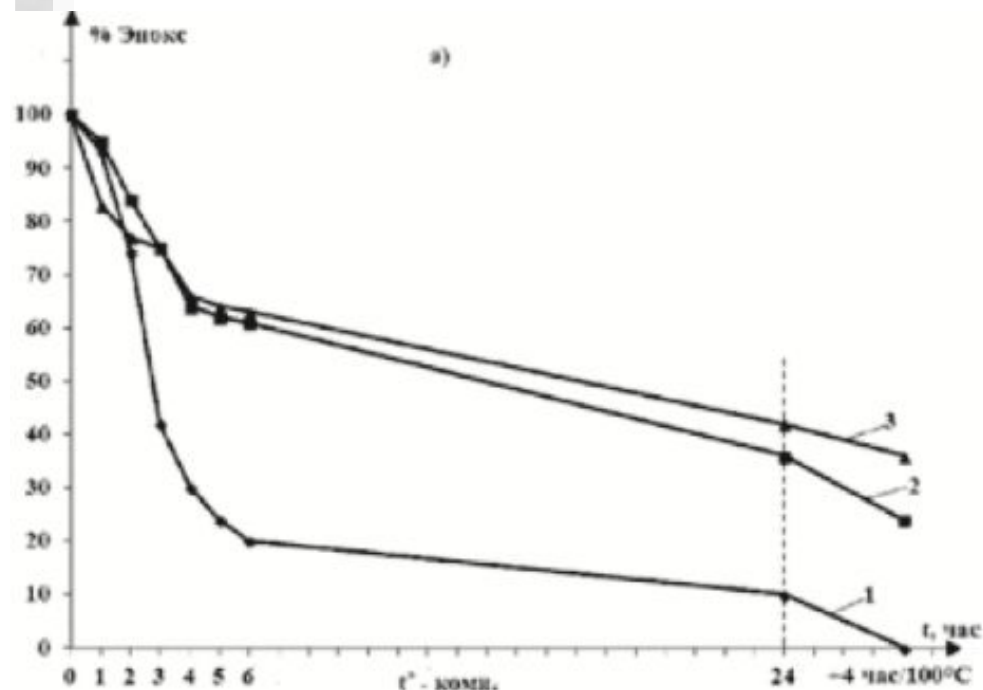


Рис. 1. ИК-спектры системы, содержащей 0,2 масс.% УНТ-3: до отверждения (1); после отверждения в течение 4 час. (2); 1 сут. (3) после доотверждения при 100 °С в течение 4 час. (4)

# ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА КОНВЕРСИЮ ЭПОКСИДНЫХ ГРУПП В ЭПОКСИАМИННЫХ КОМПОЗИЦИЯХ.



Временные зависимости концентрации эпоксигрупп в системе, содержащей:

- 1 – 0,2% УНТ-3, 2 – 0,2% УНТ-2 и 3 – 0,2% УНТ-1 (а)
- 1 – 0%, 2 – 0,2% УНТ-3, 3 – 0,5% УНТ-3 и 4 – 1% УНТ-3 (б)



## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА КОНВЕРСИЮ ЭПОКСИДНЫХ ГРУПП В ЭПОКСИАМИННЫХ КОМПОЗИЦИЯХ.

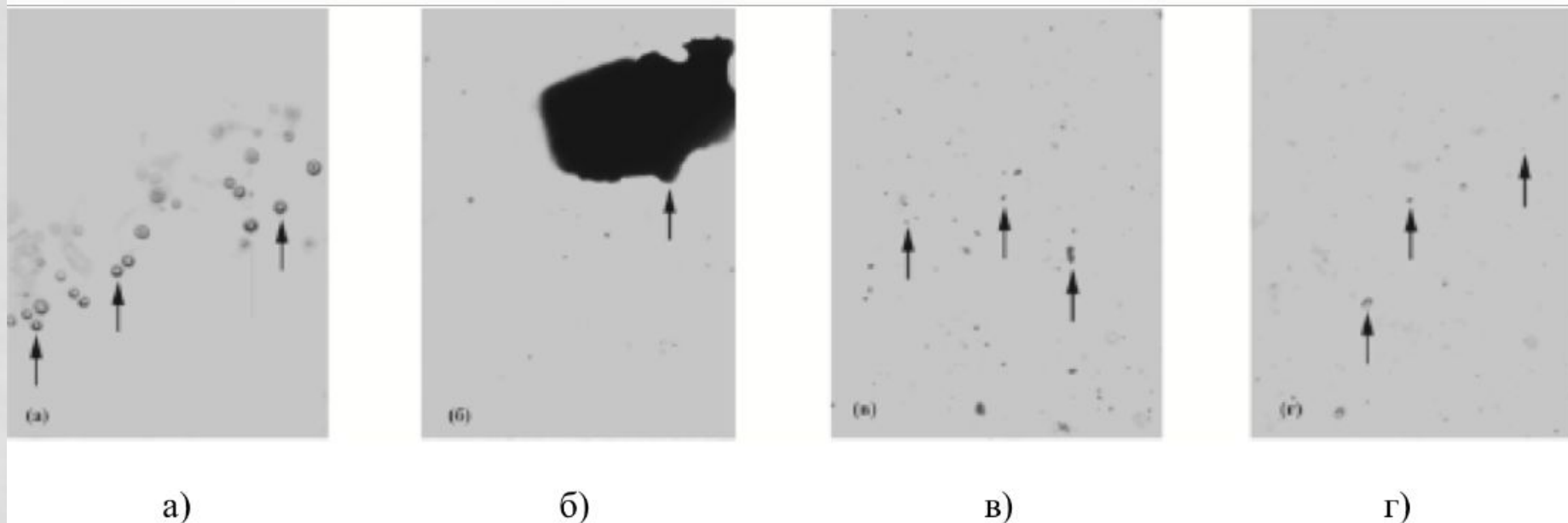


Рис. 3. Микрофотографии композиций, содержащих 0 % (а); 0,1 % УНТ-1 (б); 0,1 % УНТ-2 (в); 0,1 % УНТ-3 (г)

В данной работе было использовано три типа нанотрубок:

1. Нативные нанотрубки, полученные на лабораторном плазматроне (УНТ-1)
2. Промышленные нативные нанотрубки марки «Таунит» (УНТ-2)
3. Функционализированные многослойные нанотрубки производства Arkema (УНТ-3)

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА КОНВЕРСИЮ ЭПОКСИДНЫХ ГРУПП В ЭПОКСИАМИННЫХ КОМПОЗИЦИЯХ.

В данной работе проведено исследование влияния концентрации и функционализации углеродных нанотрубок на степень конверсии эпоксидных групп в эпоксиминовых композициях на основе ЭД-20 и ПЭПА.

Показано, что увеличение концентрации функционализированных УНТ от 0 до 0,5% приводит к увеличению степени конверсии эпоксигрупп при отверждении при комнатной температуре.

Методом оптической микроскопии показано, что размеры агломератов нанотрубок были существенно выше в системах с нативными, чем в системе с функционализированными нанотрубками.

Данные результаты могут быть существенны при разработке рецептур эпоксикомпозитов, модифицированных наночастицами.