

# Химия и физика полимеров

*курс лекций*

**Мансурова Ирина Алексеевна,**

к.т.н., доцент кафедры

“Химии и технологии переработки эластомеров”,

1-521 а, служ. 742-715, 8-961-566-25-26

[I.A.Mansurova@yandex.ru](mailto:I.A.Mansurova@yandex.ru)

[irinamansurova@mail.ru](mailto:irinamansurova@mail.ru)

**1. На рисунке представлено строение линейного полимера**



Выделите СПЗ, напишите структурную формулу полимера.

**2. Исходными соединениями в реакциях полимераналогичных превращений полимеров являются...**

- А** НМС + реагент Y
- Б** ВМС + реагент Y
- В** Кt + реагент Y

**3. Степень полимеризации полипропилена со средней ММ 420000 равна...**

- А** 15000
- Б** 10000
- В** 36000

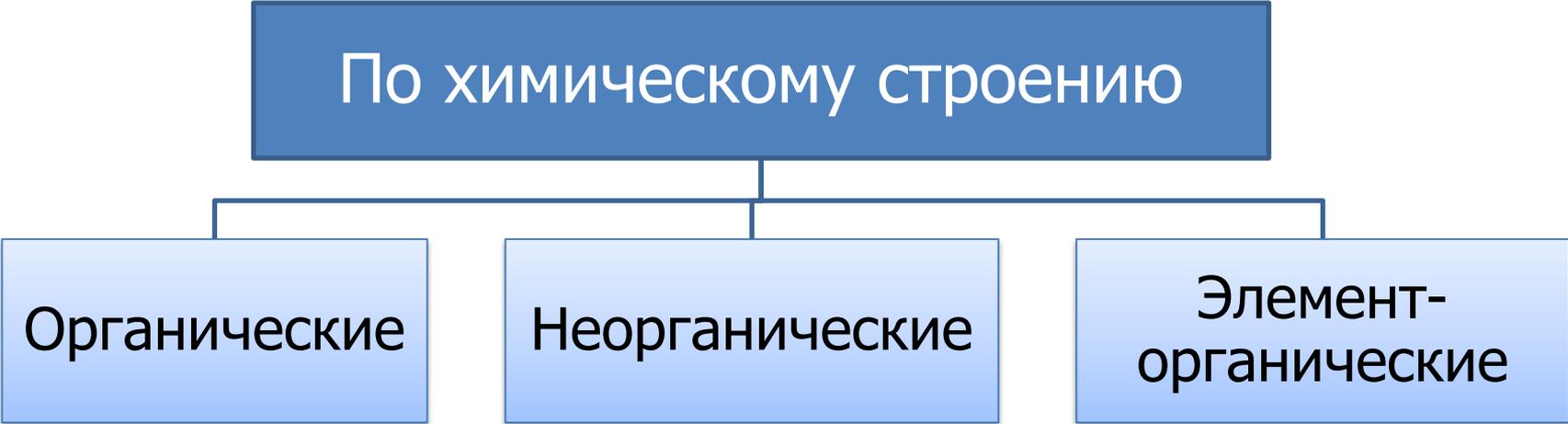
## 4. Полимергомологи – это...

- А** молекулы одинакового химического строения, но разной длины
- Б** молекулы близкого химического строения и одинаковой длины
- В** молекулы разного химического строения, но одинаковой длины
- Г** молекулы одной группы полимеров, но разного практического назначения

## 5. Искусственные полимеры – это полимеры...

- А** полученные реакциями полимеризации;
- Б** полученные в результате вторичной переработки полимерных отходов;
- В** выделенные из объектов растительного, животного, микробиологического, минерального происхождения;
- Г** выделенные из природы и подвергнутые переработке.

По химическому строению



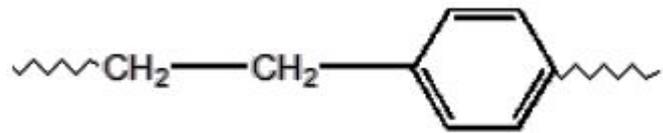
```
graph TD; A[По химическому строению] --> B[Органические]; A --> C[Неорганические]; A --> D[Элемент-органические];
```

Органические

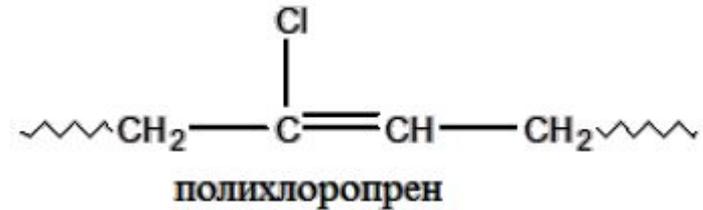
Неорганические

Элемент-  
органические

• **Органические** – это полиуглеводороды и их N, O, S, Hal-содержащие производные



полиэтиленфенилен



полихлоропрен

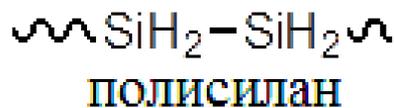


поликапроамид

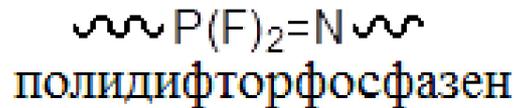
• **Неорганические** – это полимеры двух типов:

а) с неорганической главной цепью;

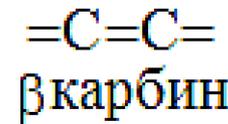
б) построенные из атомов углерода, но не содержащие связей C-H



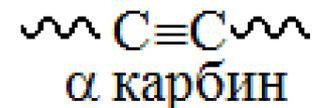
полисилан



полидифторфосфазен

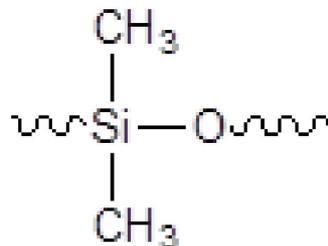


β карбин

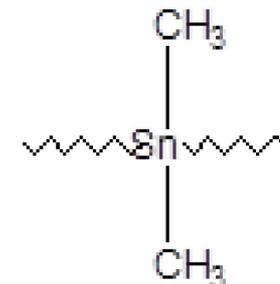


α карбин

• **Элементорганические** – это полимеры, содержащие как органические, так и не органические группы



ПОЛИДИМЕТИЛСИЛОКСАН



ПОЛИДИМЕТИЛСТАНАН

## По пространственному строению

Линейные

Линейные однотяжные

Линейные двутяжные

Разветвленные

Умеренно разветвленные

Гребнеобразные

Звездообразные

Дендримеры

Сшитые

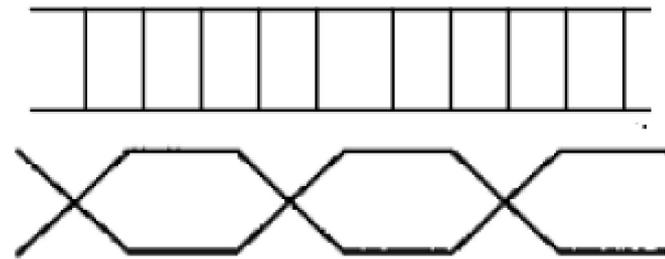
Редко сшитые

Густо сшитые в плоскости

Густо сшитые в пространстве

- **Линейные**

однотяжные



двухтяжные

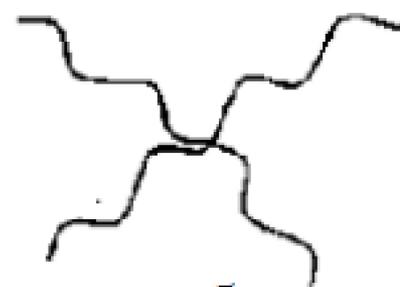
- **Разветвленные**



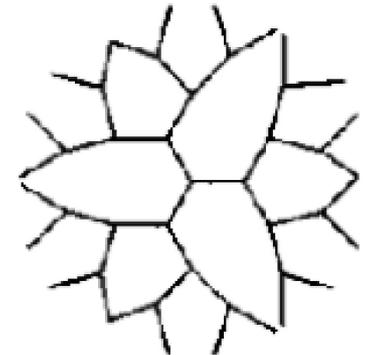
статистические



гребнеобразные

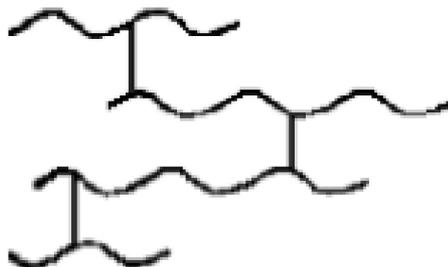


звездообразные



дендримеры

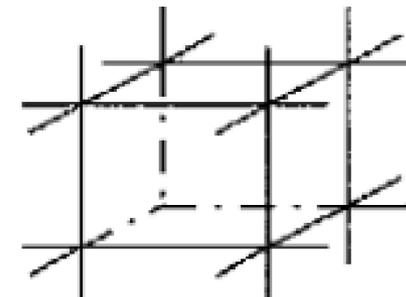
- **Сшитые**



редко сшитый



густо сшитый в плоскости

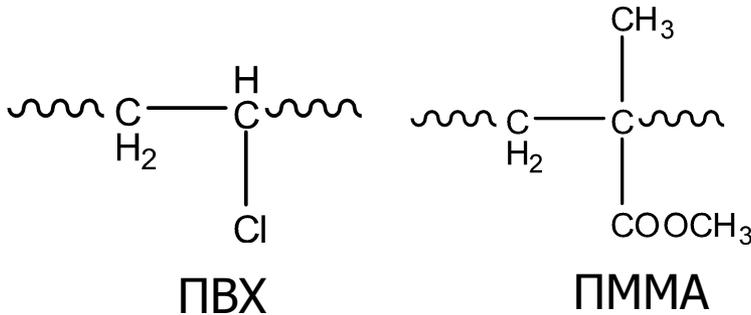


густо сшитый в пространстве

# Примеры линейных полимеров

**Линейные однотяжные** – повторяющиеся звенья соединены последовательно

А) Виниловые полимеры

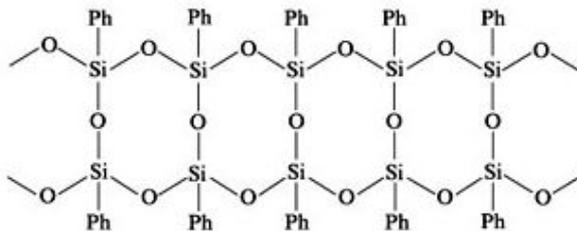


Б) Циклоцепные полимеры



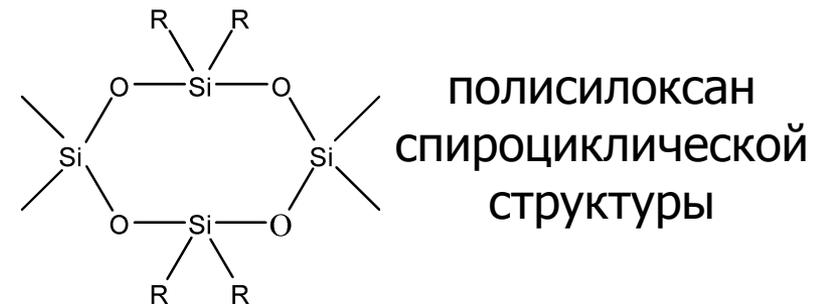
**Линейные двутяжные** – параллельные цепи соединены различным образом

А) Лестничные полимеры

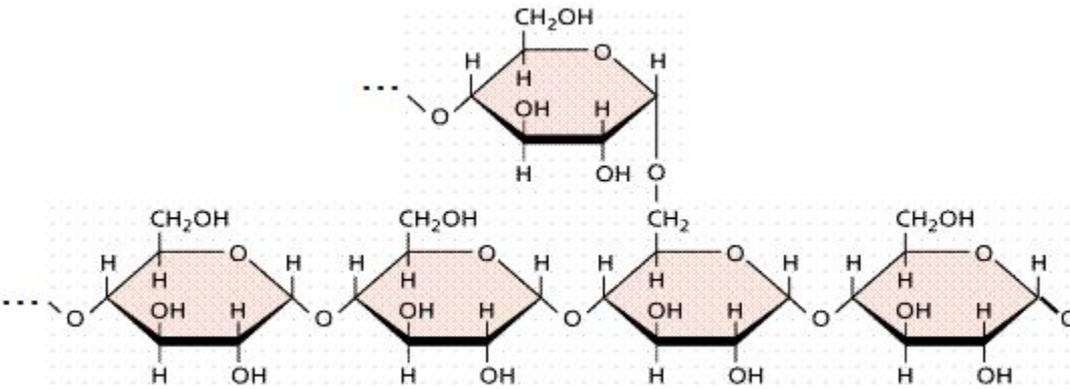


полифенилсилоксан  
лестничной структуры

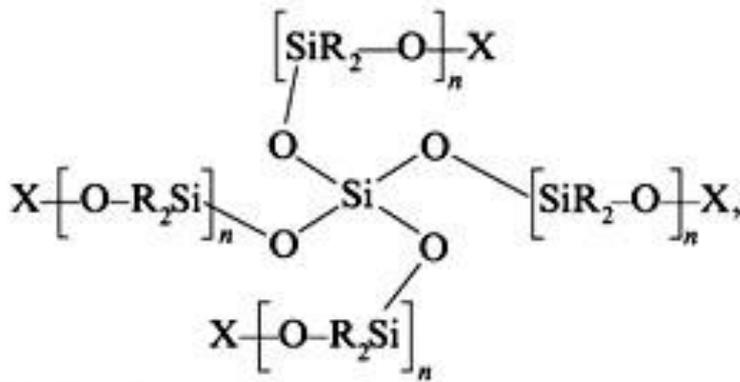
Б) Спирополимеры



# Примеры разветвленных полимеров

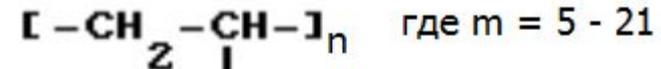


**Разветвленный** амилопектин,  
резервная функция в растительном мире

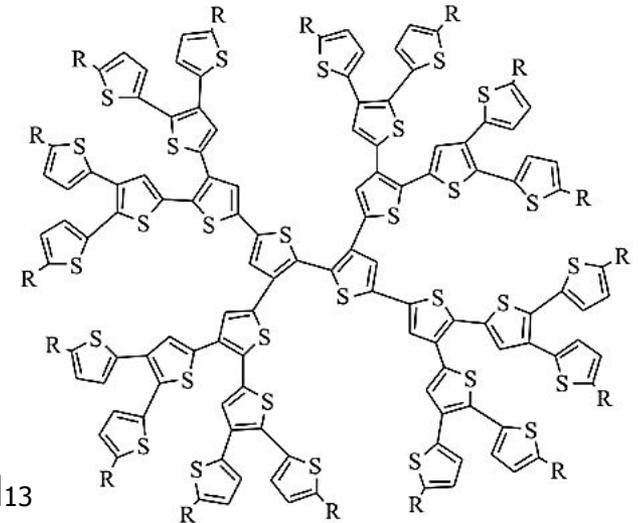


где X = H, Ac

**Звездообразный** полисилоксан,  
диэлектрические свойства, прекурсор для  
получения спирополисилоксана



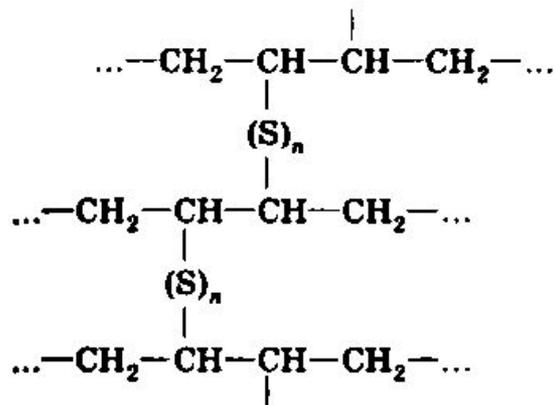
**Гребнеобразные**  
полиалкилакрилаты,  
свойства жидких  
кристаллов



R = C<sub>6</sub>H<sub>13</sub>

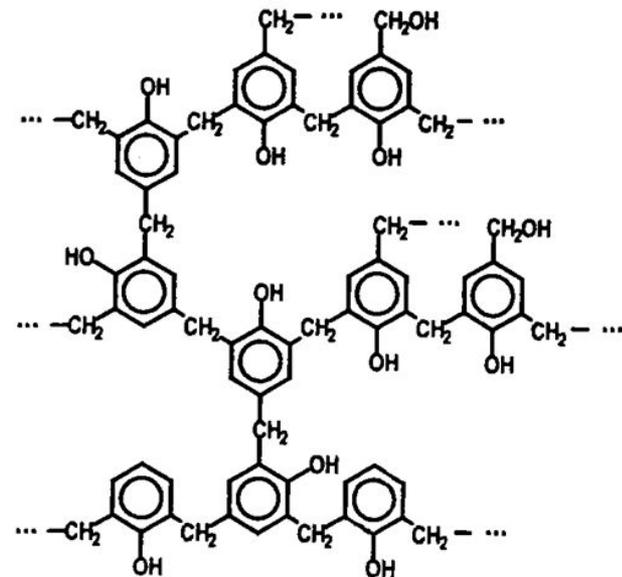
Политиофен с **каскадно-разветвленными цепями**, полимер  
со специфическими свойствами

**Редко сшитые**



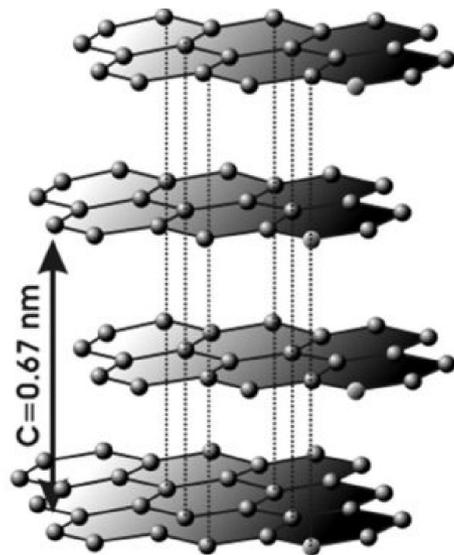
Вулканизованный полибутадиен

**Густо сшитые в пространстве**

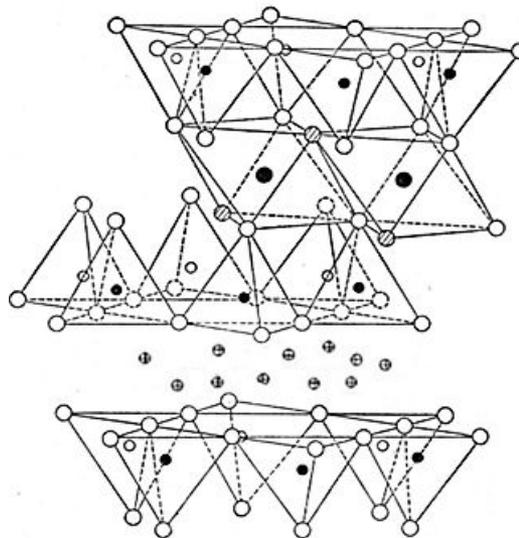


Резит

**Густо сшитые в плоскости**



Графит



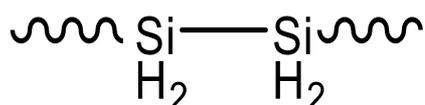
Монтмориллонит

- O
- ◐ OH
- Al, Fe, Mg
- ◑ Si, частично Al
- ⊕ Na, Ca, Mg, Fe

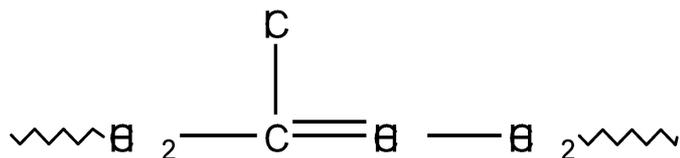
## По природе атомов в основной цепи

### Гомоцепные

основная цепь построена только из атомов одного типа



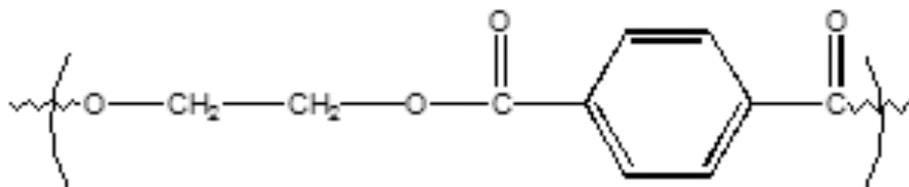
полисилан



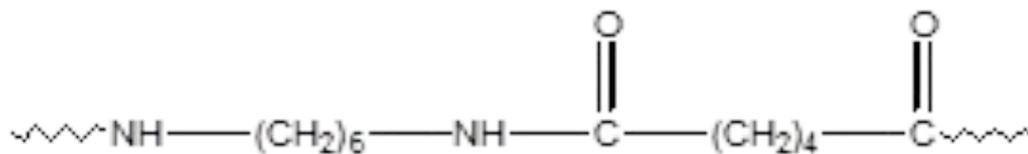
полихлоропрен

### Гетероцепные

основная цепь, кроме атомов углерода содержит другие атомы (кислорода, азота, серы и др.)



полиэтилентерефталат



полигексаметиленадипамид

Сополимеры по способу расположения в цепи звеньев различного строения:

Статистический

-A-B-B-A-B-A-B-A-A-B-B-B-

Чередующийся  
(альтернатный)

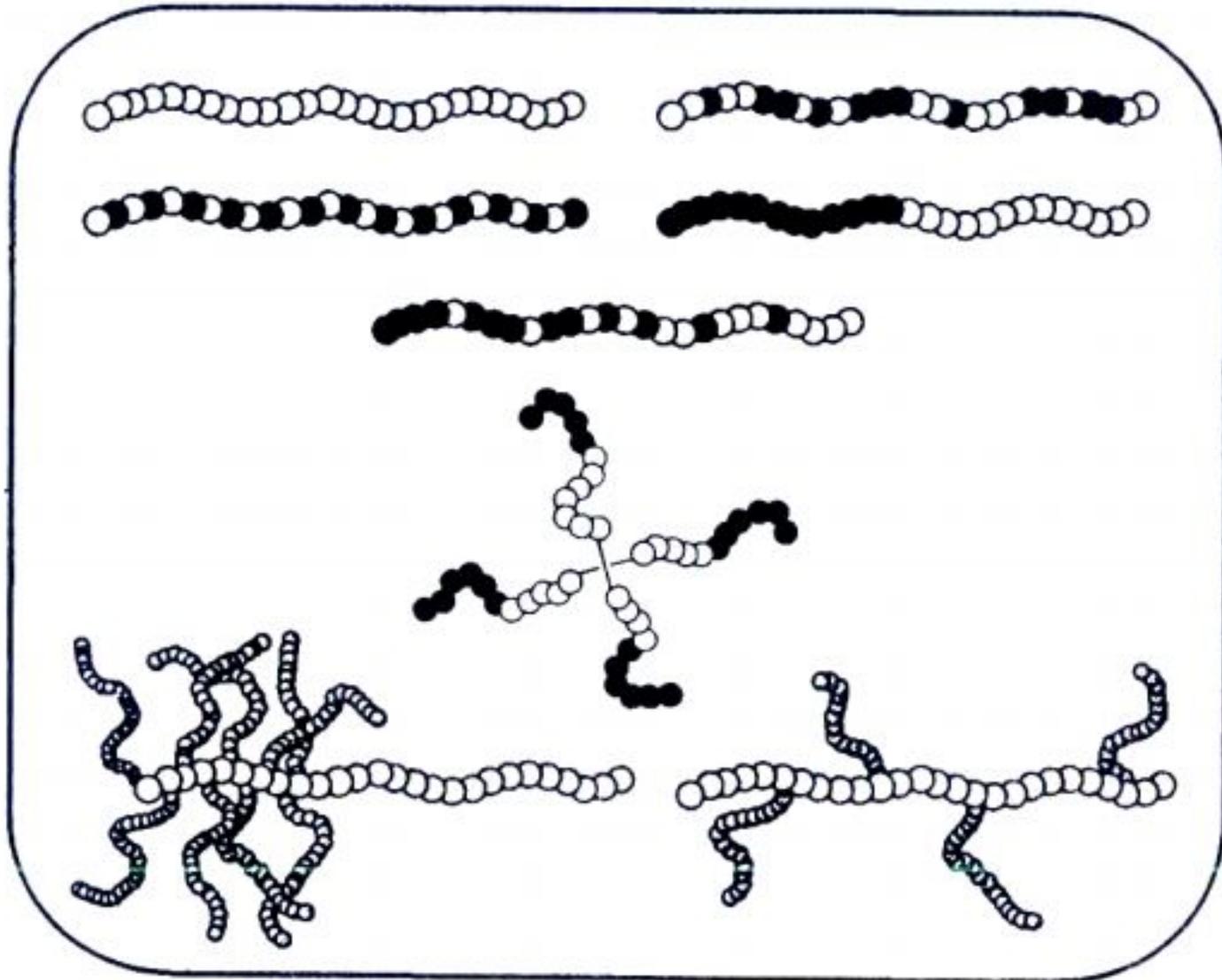
-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-

Блок-сополимер

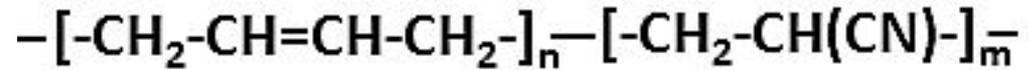
-A-A-A-A-A-A-B-B-B-B-B-B-

Привитый (графт-сополимер)

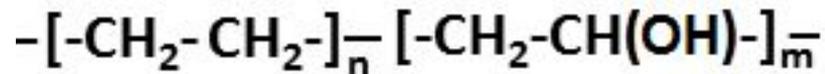
$\sim$  A-A-A-A-A-A  $\sim$   
 |  
 B  
 |  
 B  
 |  
 B  
 |  
 $\sim$



**Статистические:**



сополимер бутадиена с акрилонитрилом,  
изготовление маслбензостойких резин



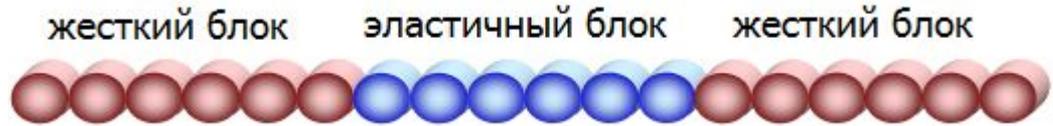
сополимер этилена с виниловым спиртом,  
изготовление пленок с высокими  
газобарьерными свойствами

**Чередующиеся:**

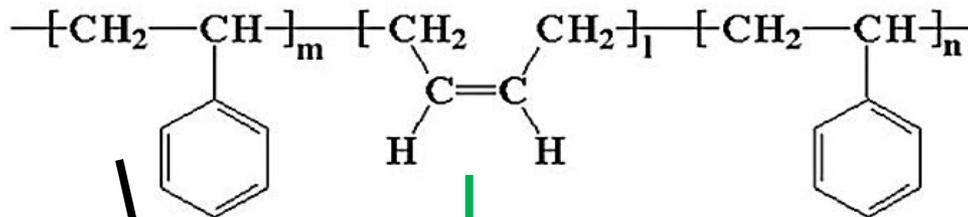


сополимер этилена и монооксида углерода,  
изготовление ударопрочных пластиков

## Блок-сополимеры:

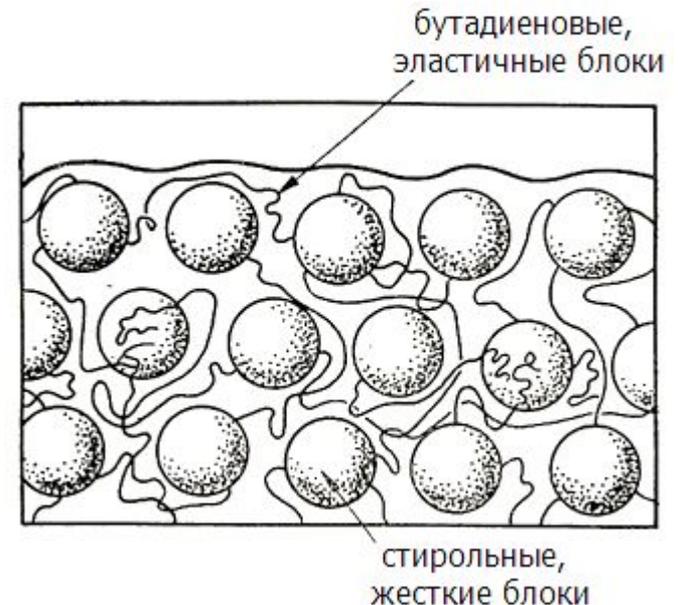


**Термоэластопласты (ТЭП)** – тройные блоксополимеры (традиционные), обладают свойствами эластомеров при температуре эксплуатации (способность к ВЭД), но при этом перерабатываются как термопласты, т.е. **минуя стадию вулканизации (!)**.

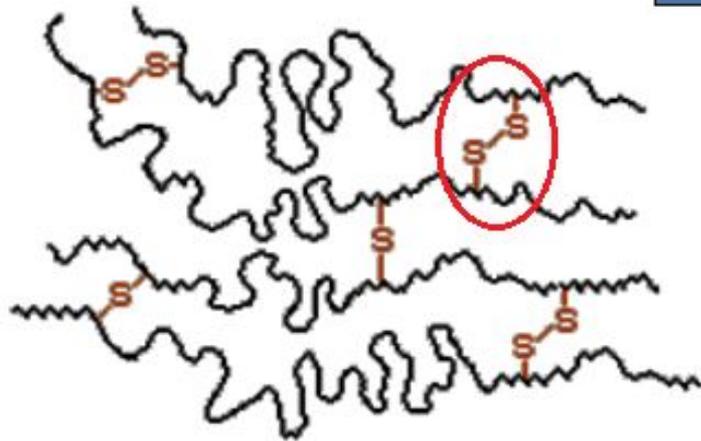
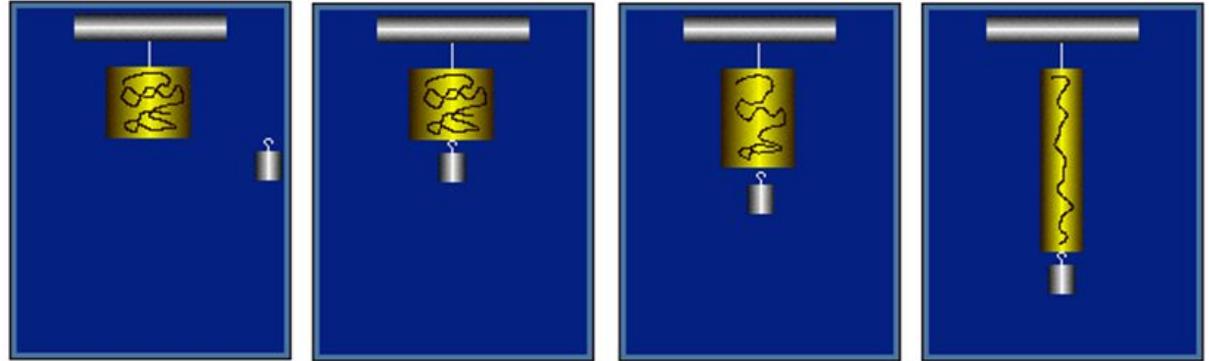


**Структура материала на основе ТЭП (рис.): жесткие домены при температуре эксплуатации играют роль узлов вулканизационной сетки.**

классический ТЭП  
*стирол-бутадиен-стирол (СБС)*

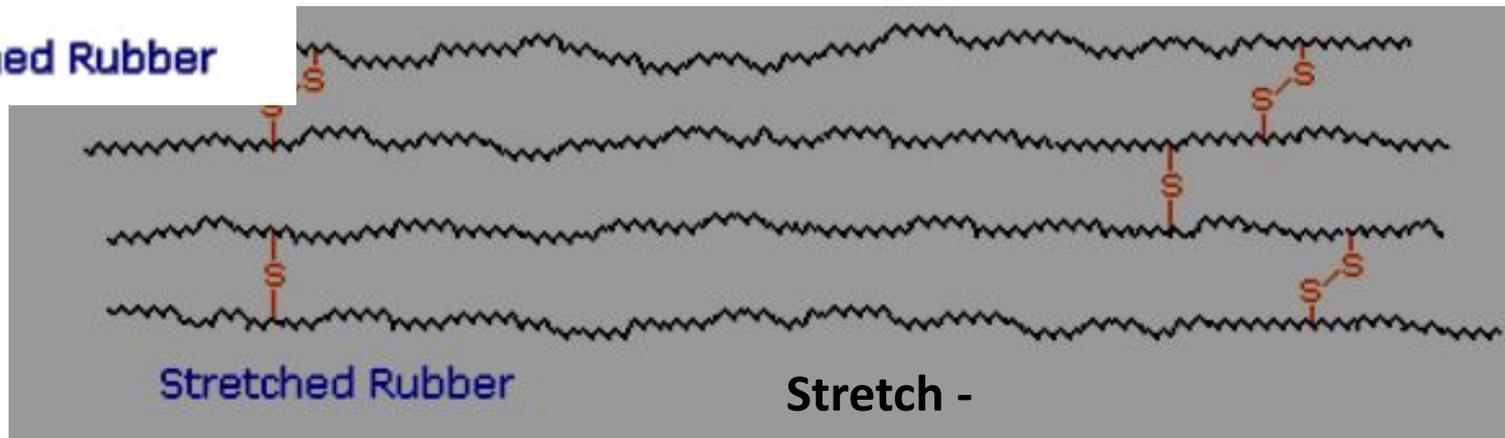


**Вулканизация –  
завершающая стадия**  
при изготовлении  
любого резинового  
изделия



Unstretched Rubber

**Отсутствие «течения» в изделии**  
(пластической деформации, перемещения  
макромолекул относительно друг друга)  
**обеспечивается редкой сеткой**  
**поперечных связей**  
(вулканизационной сеткой)



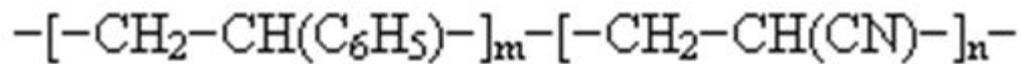
Stretched Rubber

Stretch -  
растягивать

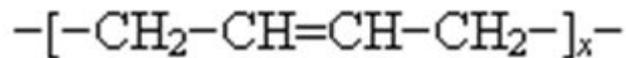
**Привитые сополимеры:** используются для повышения сродства разнородных фаз в гетерогенных системах

**АБС – пластик,** материал, состоящий:

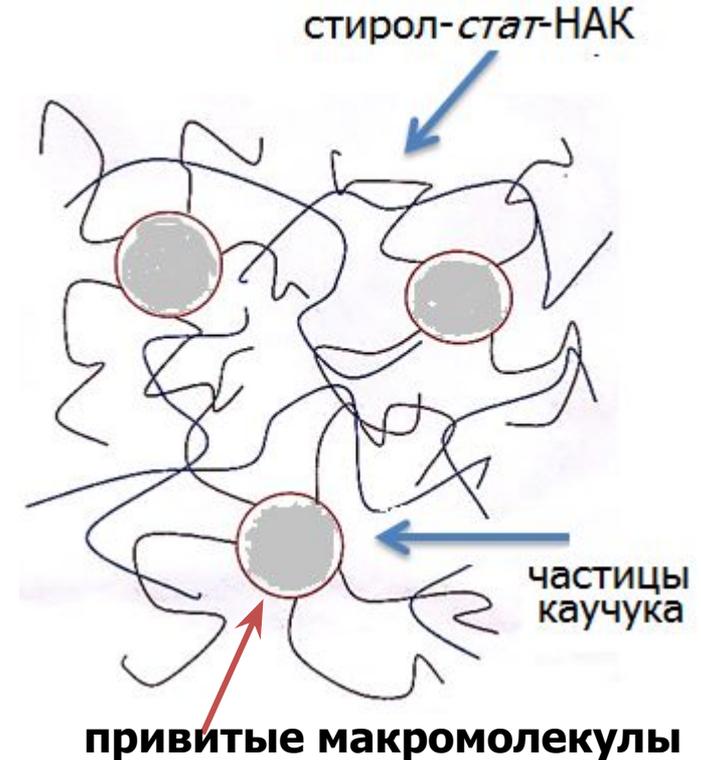
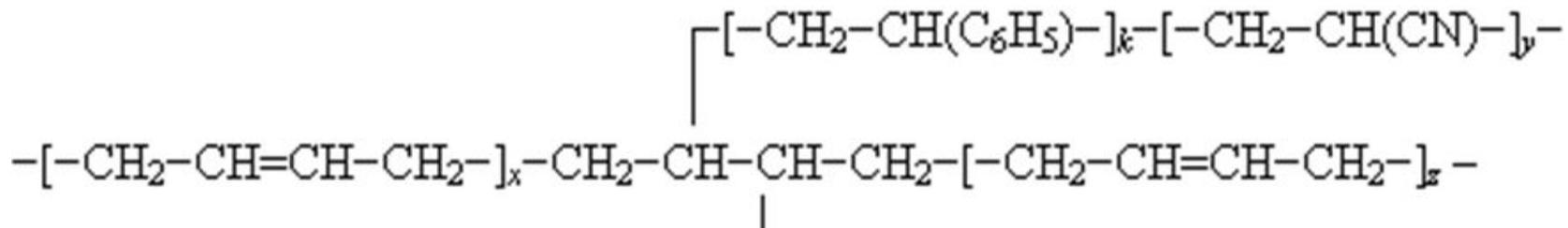
- **жесткая матрица стирол-стат-НАК**



- **частицы бутадиенового каучука**



- **привитые макромолекулы из бутадиена, НАК, стирола**  
(на поверхности частиц)



## По области практического применения

Эластомеры



Пластомеры



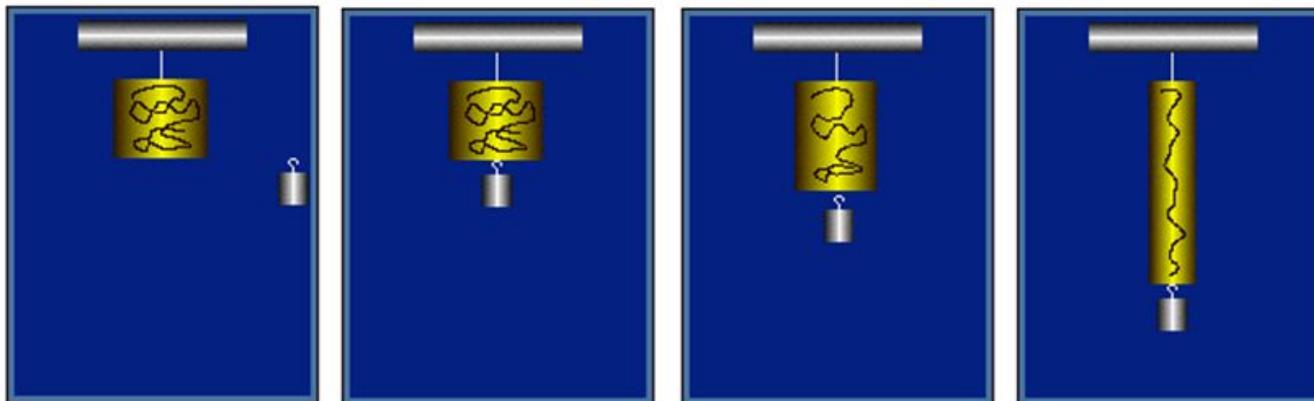
Волокнообразующие  
полимеры



## Классификация полимеров по назначению

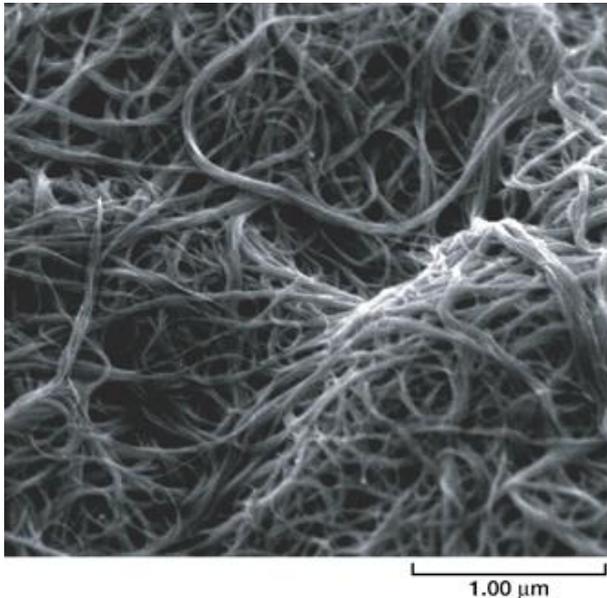
определяется способностью к обратимой ВЭД, различают:

- **Эластомеры** (до 1000 %) – изготовление резин для шин и РТИ, полимерных композиционных материалов;
- **Пластомеры** ( $\sim 1\%$ ) – изготовление пластмасс (композитов) конструкционного и функционального назначения;
- **Волокнообразующие полимеры** (менее 1%) – изготовление волокон для текстильных, композиционных и иных материалов.

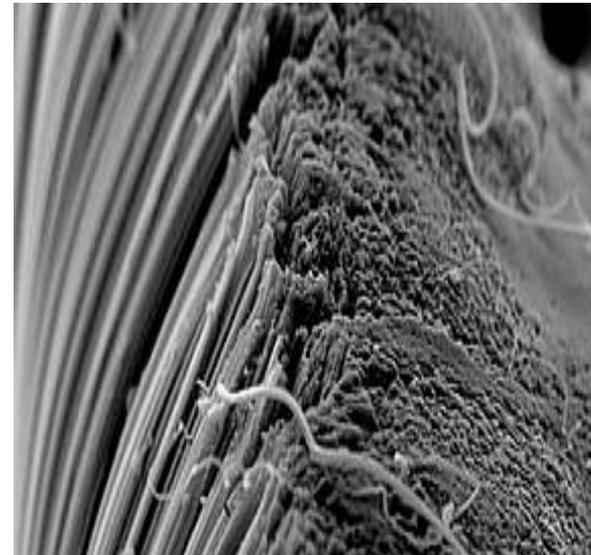


## Свойства полимера зависят от:

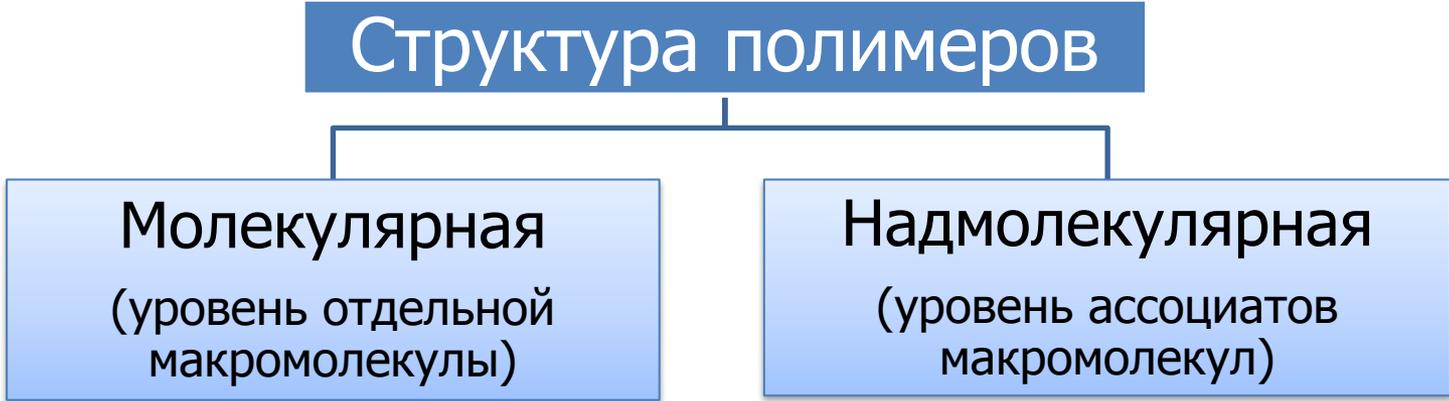
- молекулярного строения полимера (природа атомов, входящих в состав звена, порядок связи атомов в звене, молекулярная масса и т.д.), задающего фундаментальные характеристики материала;
- надмолекулярного строения полимера, определяющего характер упорядоченности макромолекул в результате внутри- и межмолекулярного взаимодействия.



Аморфный полимер  
(условное изображение)



Кристаллический полимер  
(условное изображение)



## ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ:

**Параметры молекулярной структуры**

строением повторяющихся звеньев

микроструктурой макромолекул

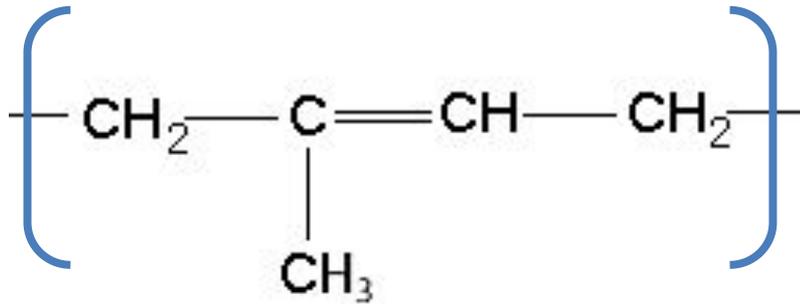
средней ММ полимера, характером ММР

характером укладки макромолекул в пространстве

**Параметр над-молекулярной структуры**

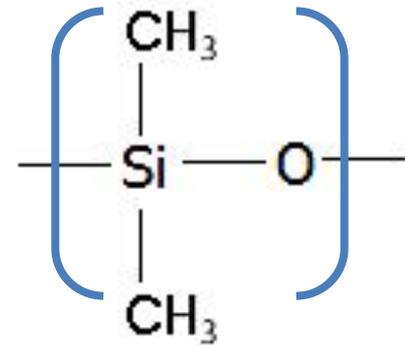
## Строение повторяющихся звеньев

(определяет химическое строение полимера, природу атомов в основной цепи, наличие звеньев иного строения)



натуральный каучук

**органический,  
гомоцепной (карбоцепной),  
гомополимер**



полидиметилсилоксановый  
каучук

**элементарноорганический,  
гетероцепной,  
гомополимер**

**Микроструктура макромолекул** - пространственное расположение атомов и групп атомов; задается в процессе синтеза полимеров, может быть изменено только в результате разрыва химических связей, т.е. энергии теплового движения не достаточно для изменения т.н. **конфигурации.**

## РАЗЛИЧАЮТ:

**конфигурацию звена** – рассматривают звено, его изомерную форму;

**конфигурацию ближнего порядка** – рассматривают небольшую последовательность из звеньев (способ присоединения звеньев, их изомерную форму);

**конфигурацию дальнего порядка** – рассматривают протяженную последовательность звеньев (способ присоединения звеньев, их изомерную форму в случае гомополимеров);

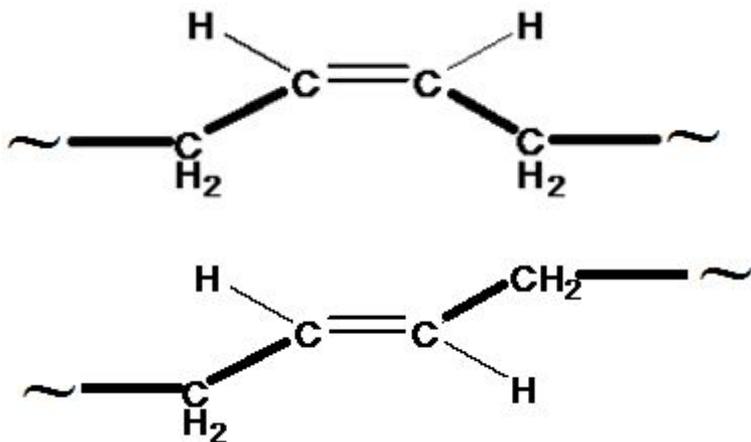
**конфигурацию цепи** – рассматривают макромолекулу целиком.

## Конфигурация звеньев

(пространственная изомерия звеньев,  
определяет расположение заместителей в пространстве)

### РАЗЛИЧАЮТ:

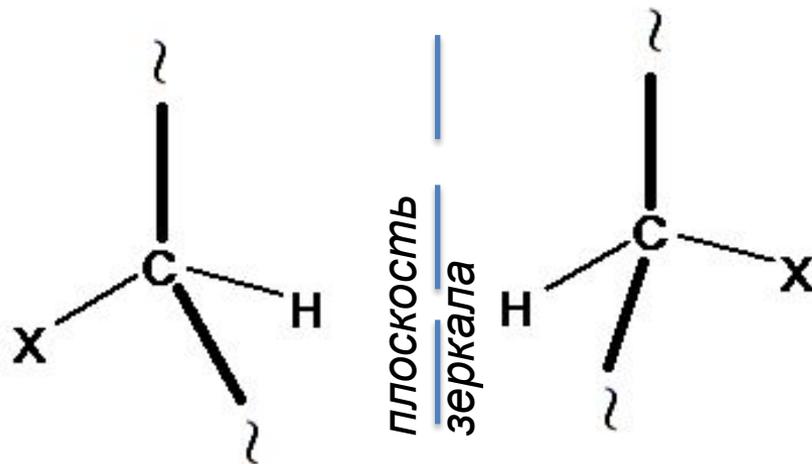
в ненасыщенных полимерах



*цис-* и *транс-* изомеры



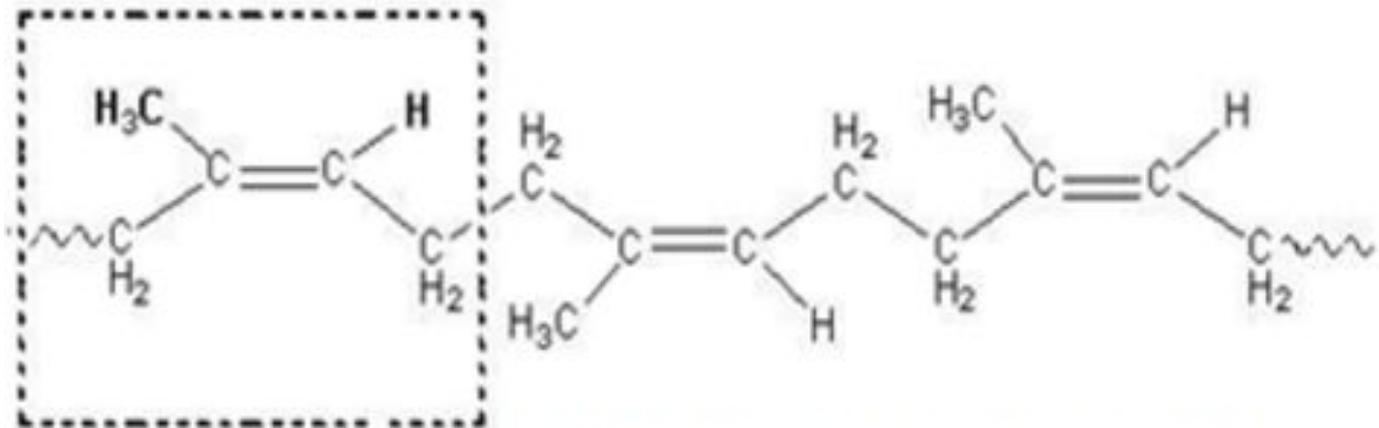
в насыщенных полимерах



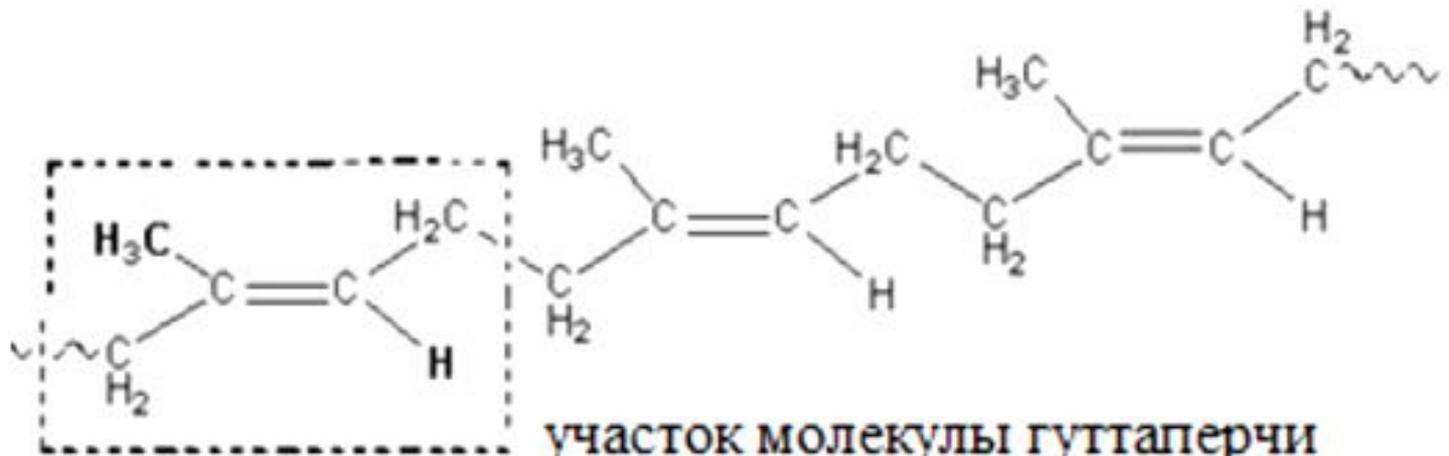
*L-* и *D-* изомеры



# Молекулярная структура полимеров

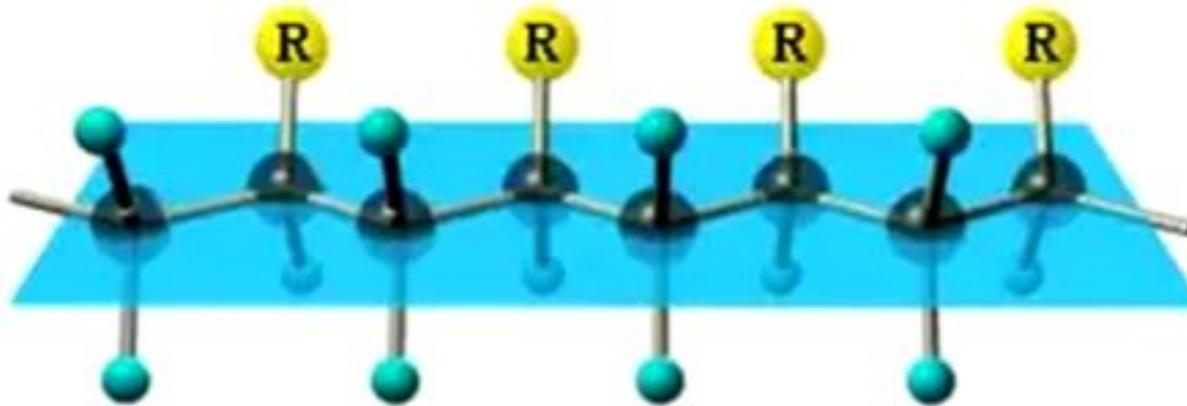


участок молекулы полиизопрена  
(натурального каучука)

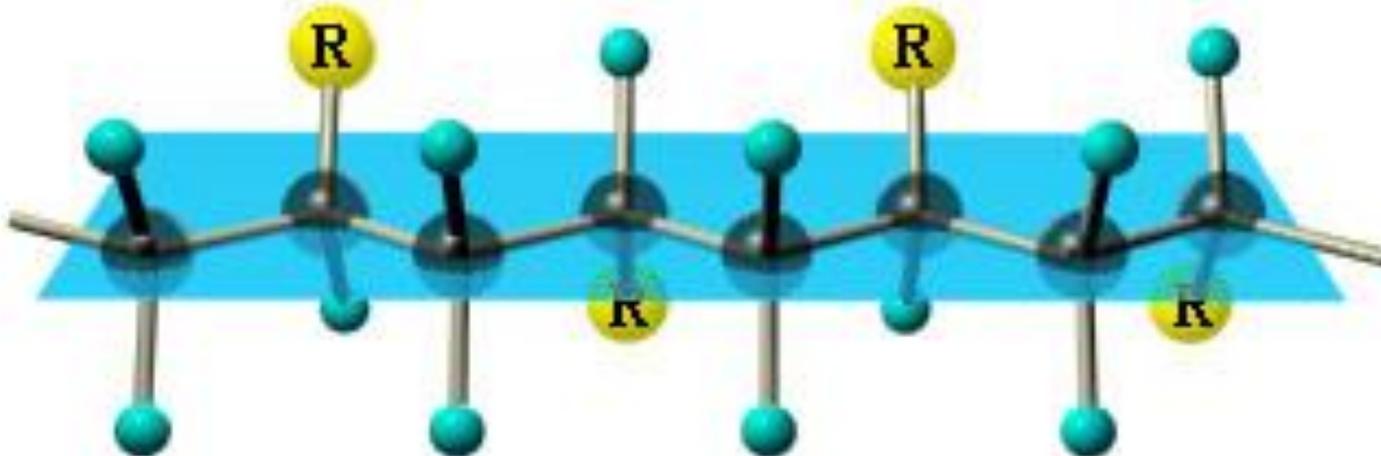


участок молекулы гуттаперчи  
(пластомер)

# Молекулярная структура полимеров



Участок макромолекулы составлен из звеньев, находящихся в одной и той же изомерной форме (L или D)



На участке макромолекулы чередуются звенья в разных изомерных формах

НЕ ВАЖНО, СКОЛЬКО  
ДНЕЙ В ТВОЕЙ ЖИЗНИ,  
ВАЖНО СКОЛЬКО ЖИЗНИ  
В ТВОИХ ДНЯХ...

