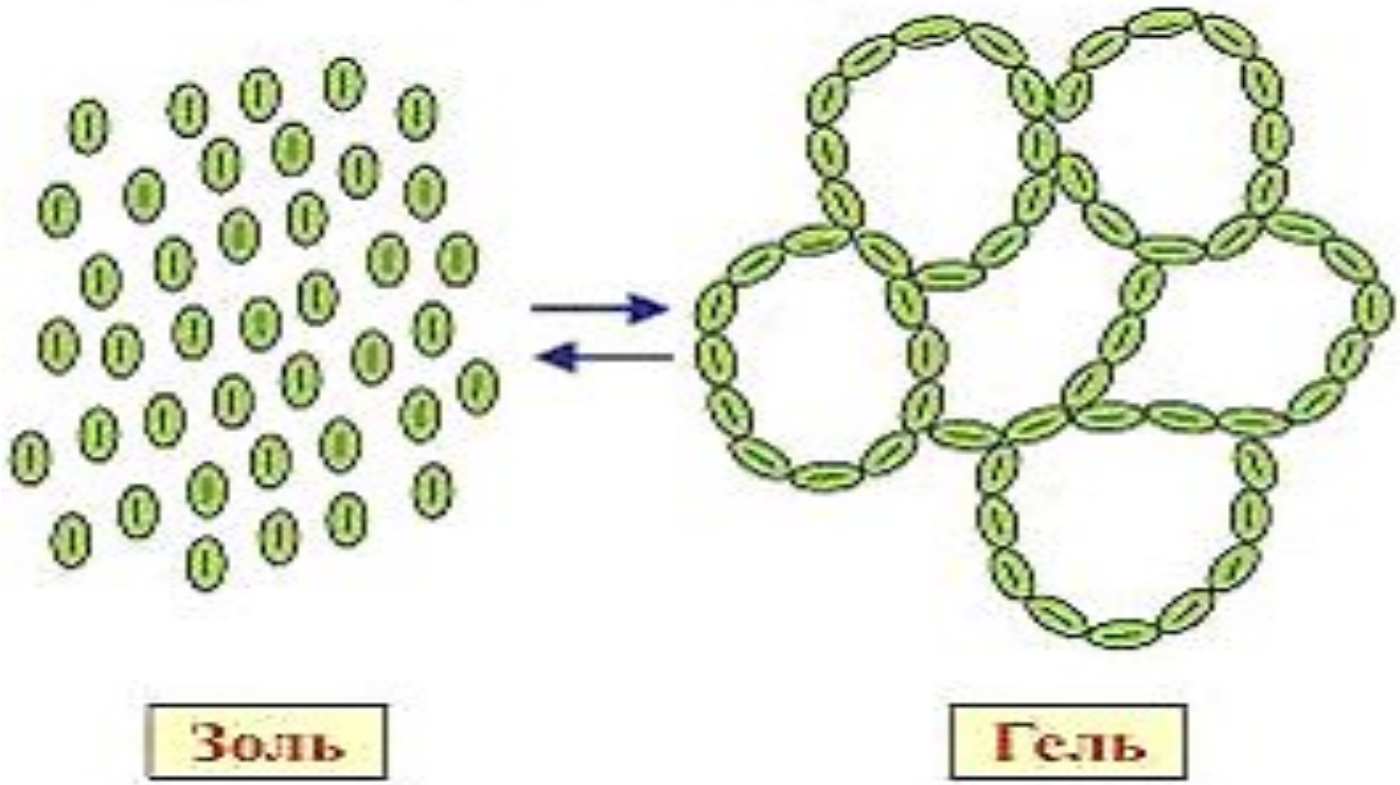
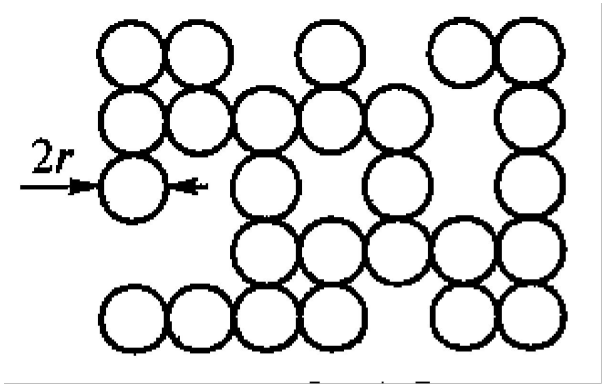
СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Свободнодисперсные системы **Связнодисперсные системы**



ПРОЧНОСТЬ ДИСПЕРСНЫХ СТРУКТУР



$$P \approx \chi p_1 \quad [\text{Н/м}^2]$$

χ [м$^{-2}$] - количество контактов на единицу поверхности разрушения

p_1 [Н] – прочность индивидуального контакта

$$\chi \approx \frac{1}{(2r)^2}$$

Диаметр частиц ($2r$), мкм	χ, см$^{-2}$
100	$10^3 – 10^4$
1	$10^7 – 10^8$
0,01 (10 нм)	10^{11} - 10^{12}

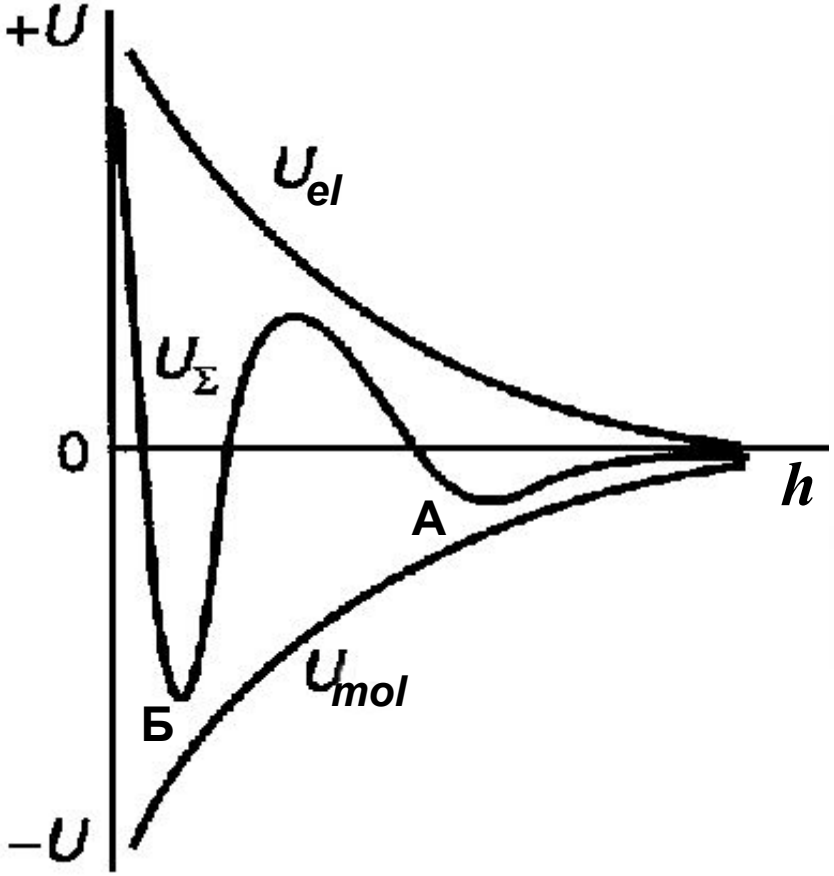
ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ КОНТАКТОВ МЕЖДУ ЧАСТИЦАМИ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ:

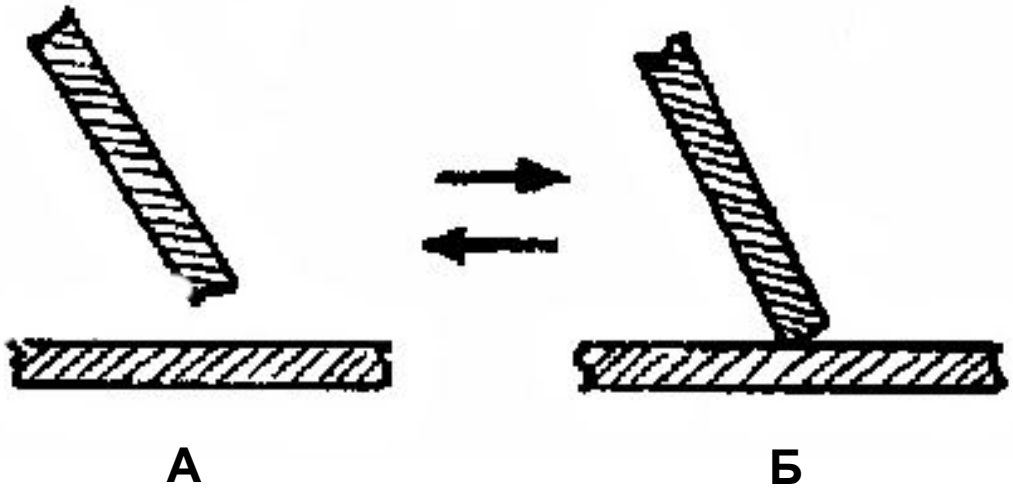
- **1. Коагуляционные контакты.**
- **2. Фазовые контакты.**

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ:

- **1. Коагуляционные.**
- **2. Кристаллизационные.**

КОАГУЛЯЦИОННЫЕ КОНТАКТЫ





Зависимость энергии взаимодействия частиц от расстояния (теория ДЛФО)

ПРОЧНОСТЬ КОАГУЛЯЦИОННОГО КОНТАКТА (p_1)

$$p_1 \approx \frac{A^* r}{12 h_0^2} \quad \text{[Н]}$$

A^* - сложная константа Гамакера

r – радиус кривизны поверхности частиц в месте их соприкосновения

h_0 – равновесный зазор между частицами

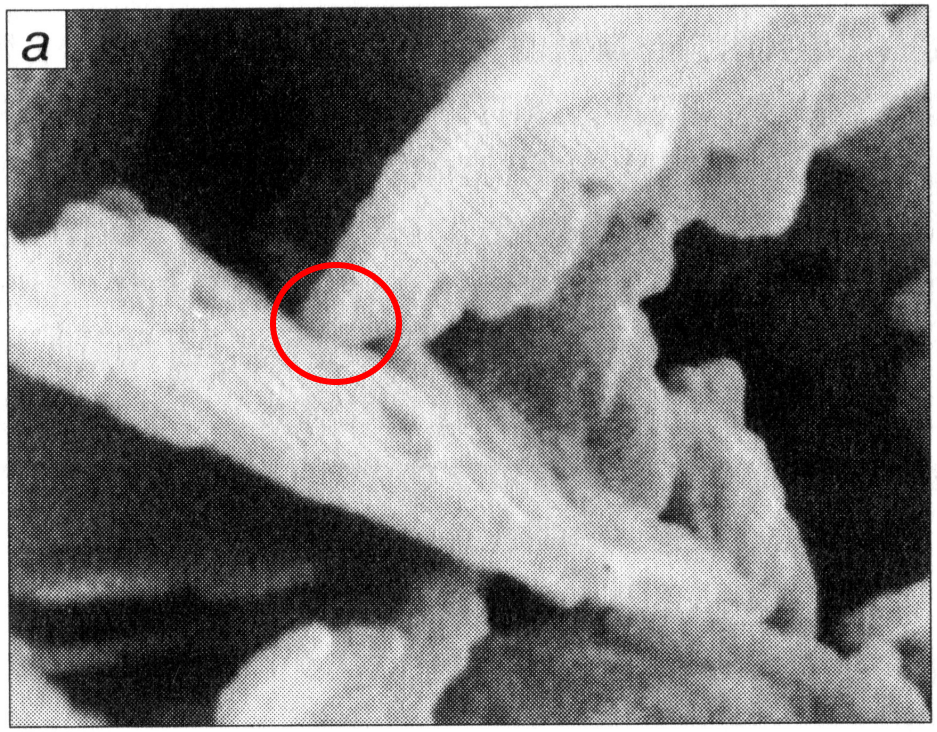
При $A^* \approx 10^{-19}$ Дж $h_0 \approx 0{,}2 \div 1$ нм

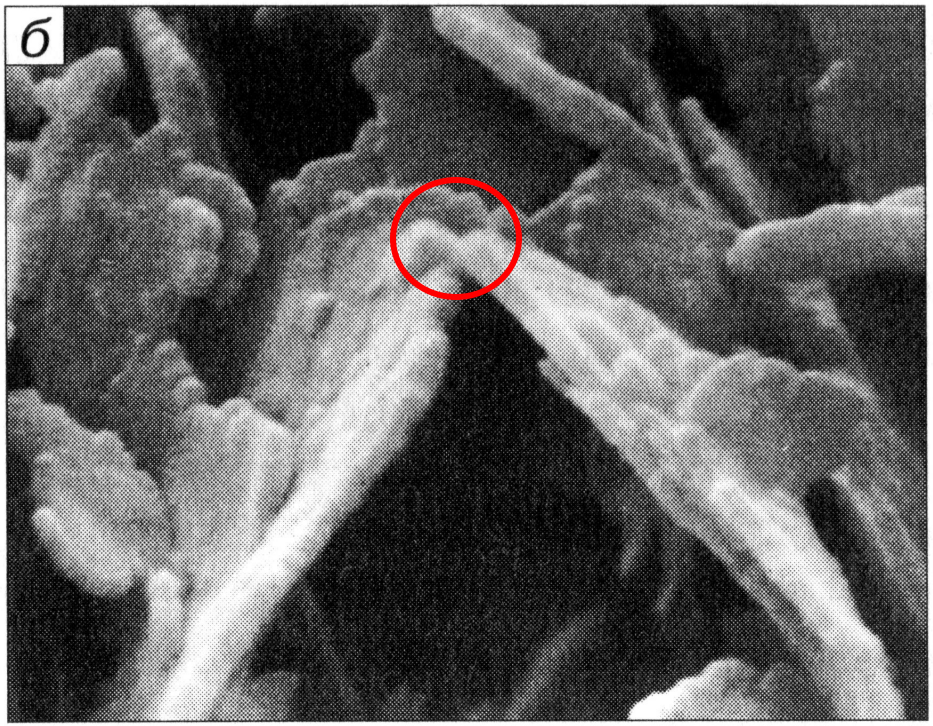
r	p_1, Н
10 нм	$10^{-10} \div 10^{-9}$
1 мкм	$10^{-8} \div 10^{-7}$

$P_{\text{коагуляционных структур}} = 10^2 \div 10^6$ Н/м^2

КОАГУЛЯЦИОННЫЕ КОНТАКТЫ В ГЛИНАХ

типа «базис-скол» **типа «скол-скол»**

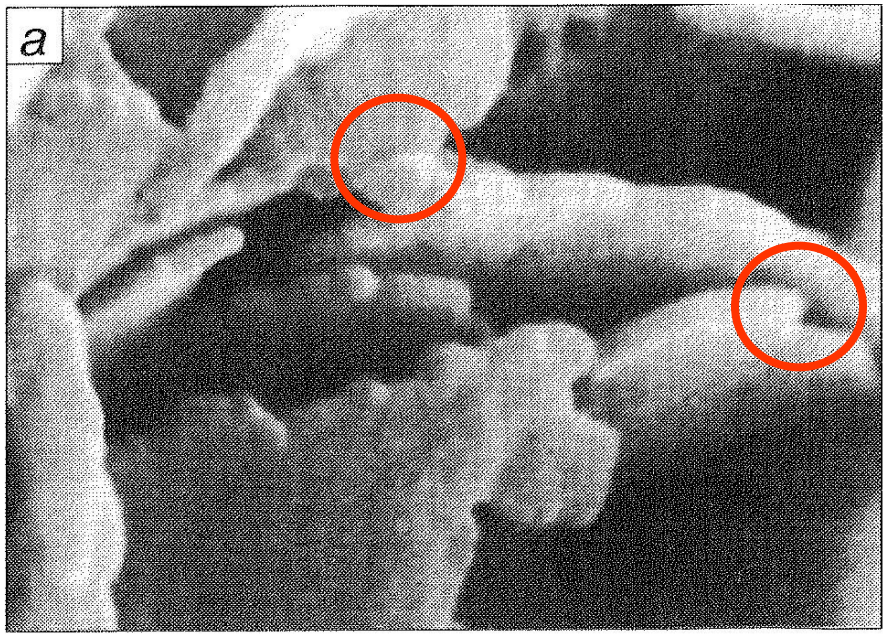


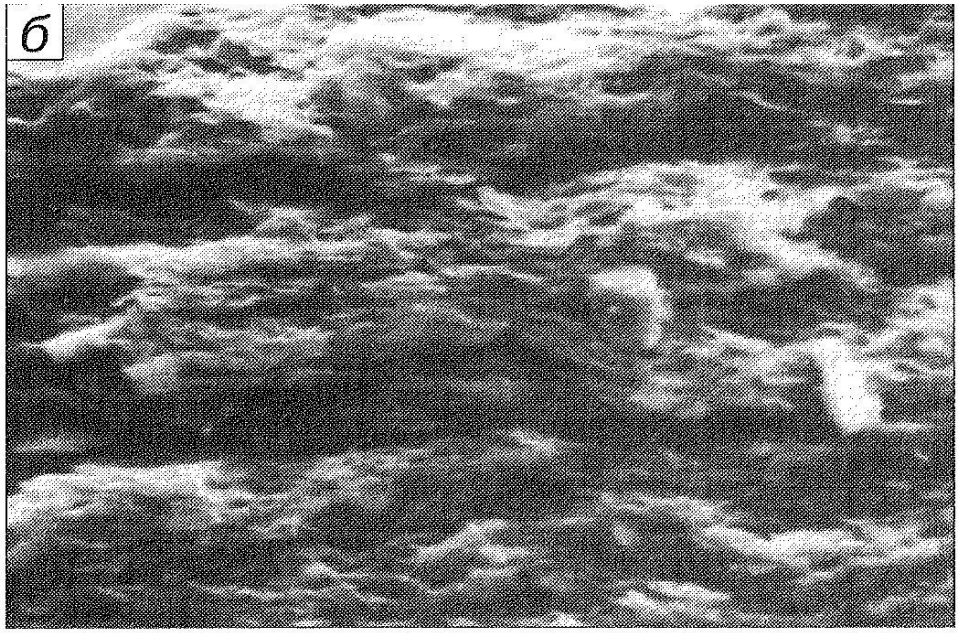


В.Т.Трофимов, В.А.Королев и др. Грунтоведение, М.: изд МГУ, 2005, с. 257

КОАГУЛЯЦИОННЫЕ КОНТАКТЫ В ГЛИНАХ

тип «базис-базис»





Уплотненные грунты (древние глины)

В.Т.Трофимов, В.А.Королев и др. Грунтоведение, М.: изд МГУ, 2005, стр.240

ТИКСОТРОПИЯ.

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЧНОСТИ КОАГУЛЯЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ОТ ВРЕ НИЯ

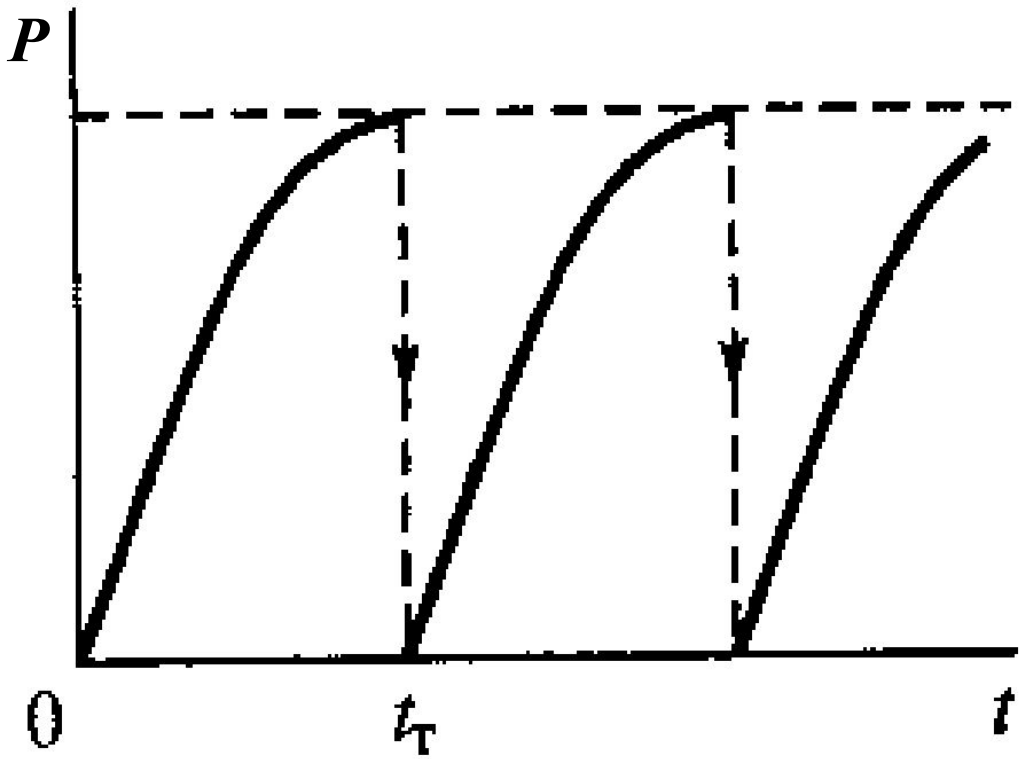
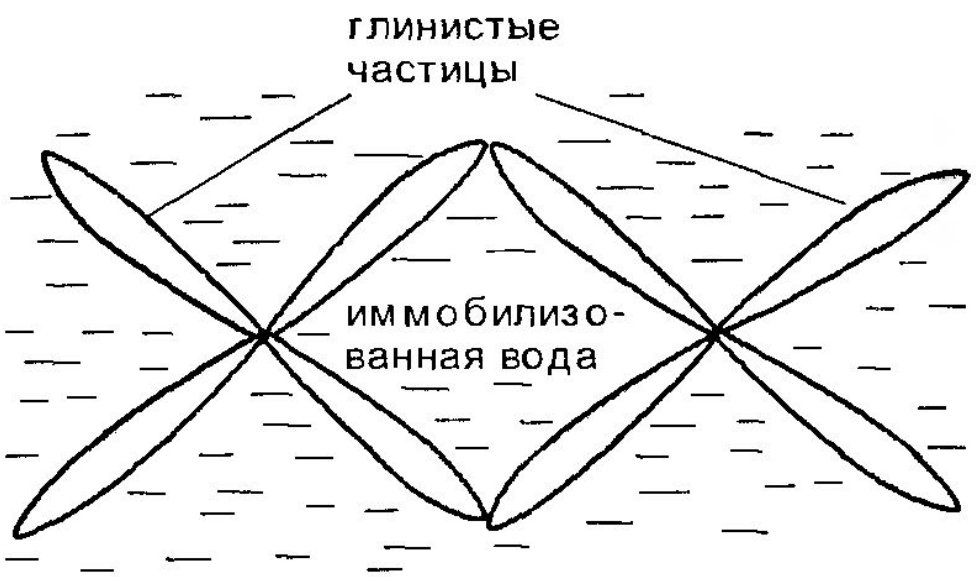
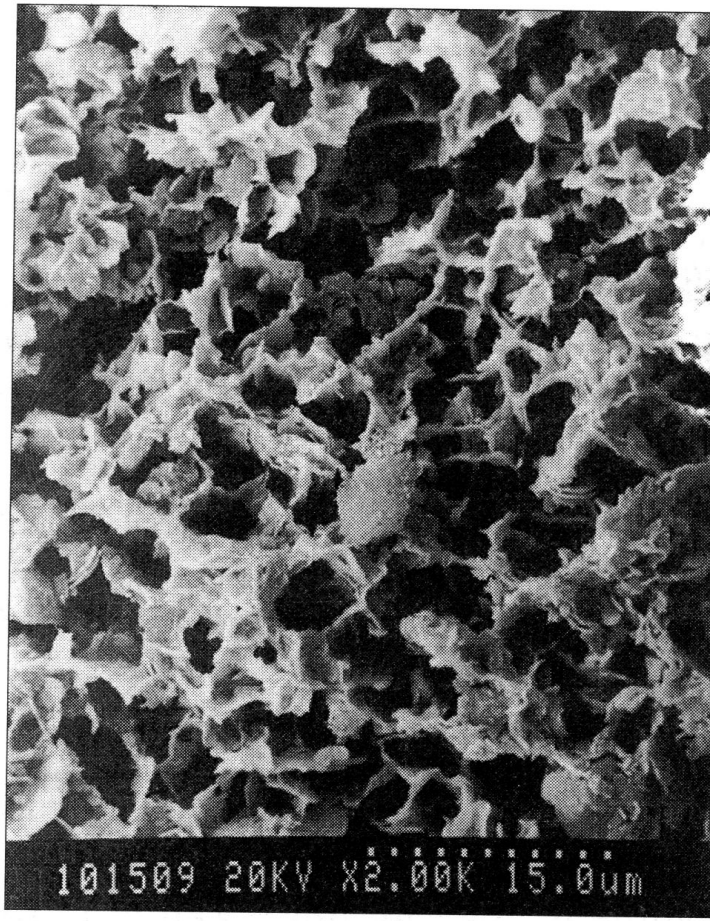


СХЕМА СТРУКТУРЫ И ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОФОТОГРАФИЯ МОНТМОРИЛЛОНИТОВОЙ ГЛИНЫ, НАБУХШЕЙ В ВОДЕ

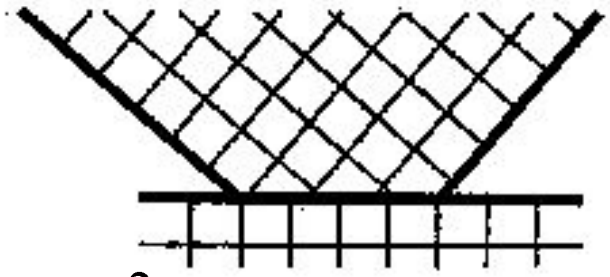


(Е.В.Шеин. Курс физики почв. М.: изд.МГУ, 2005)



В.Т.Трофимов, В.А.Королев и др.
Грунтоведение, М.: изд МГУ, 2005, с. 256

ФАЗОВЫЙ КОНТАКТ



$$p_1 = N\frac{e^2}{b^2 4\pi\varepsilon_0} = 10^2 \div 10^3 \frac{e^2}{b^2 4\pi\varepsilon_0}$$

$N = 10^2 \div 10^3$ – число связей в одном контакте

e – заряд электрона

b – межатомное расстояние

ε_0 – электрическая постоянная

Ионные кристаллы и металлы средней прочности $p_1 \approx 10^{-7}$ **Н**

Высокопрочные тугоплавкие металлы $p_1 > 10^{-6}$ **Н**

При увеличении $N > 10^2 \div 10^3$ p_1 **достигает** $10^{-4} - 10^{-3}$ **Н**

$P_{\text{кристаллизационных структур}} = 10^4 \div 10^8$ **Н/м²** **и выше**

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ОБРАЗОВАНИЯ ГЕЛЕЙ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

ВМС + РАСТВОРИТЕЛЬ.

Неограниченное набухание

ИСТИННЫЙ РАСТВОР

АГРЕГАЦИЯ ↓ ↑ ДЕЗАГРЕГАЦИЯ

Концентрирование

Ограниченное набухание

КОЛЛОИДНЫЙ РАСТВОР

АГРЕГАЦИЯ ↓ ↑ ДЕЗАГРЕГАЦИЯ

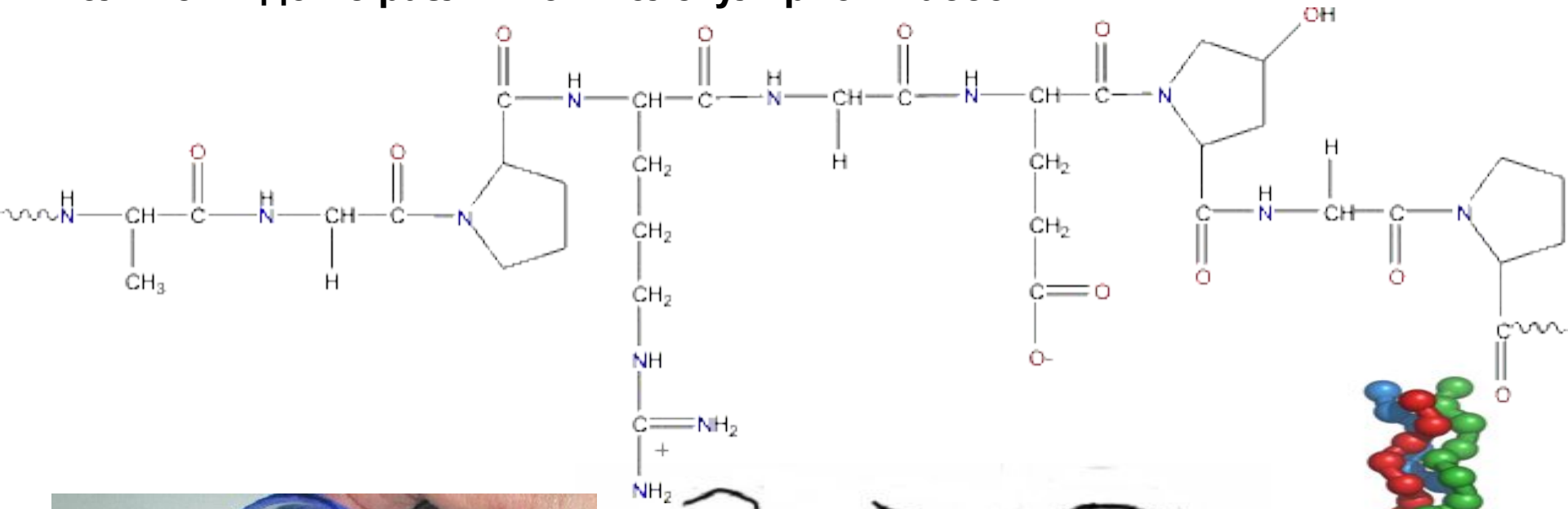
Концентрирование;
Охлаждение;
Изменение pH;
Добавление электролита

ГЕЛЬ

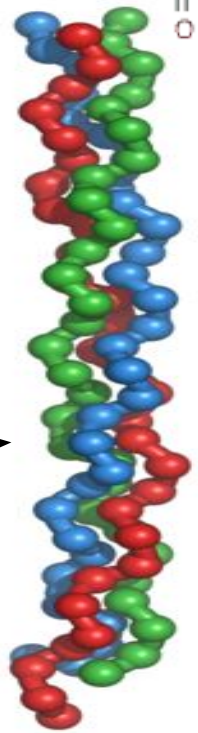
Ограниченное набухание характерно для фибриллярных белков и полисахаридов с разветвленной структурой.

Гели в клетках – внешние слои цитоплазмы;
в организме – мозг, кожа, хрящи, глазное яблоко.

Желатин (от лат. gelatus — замерзший, застывший) — белковый продукт животного происхождения, представляющий собой смесь линейных полипептидов с различной молекулярной массой



ГЕЛЬ ЖЕЛАТИНЫ



Тройная спираль коллагена

ОПТИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ГЕЛЕОБРАЗОВАНИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Вещество	pH	Концентрация, г/100 мл (200С) (точка гелеобразования)
Желатин (белок)	нейтральный	1
Яичный альбумин (белок)	< 3	2
Казеин (белок)	12-13	15
Агар-агар (полисахарид растительного происхождения)	Практически не зависит	1,2

СВОЙСТВА ГЕЛЕЙ

Тиксотропия –

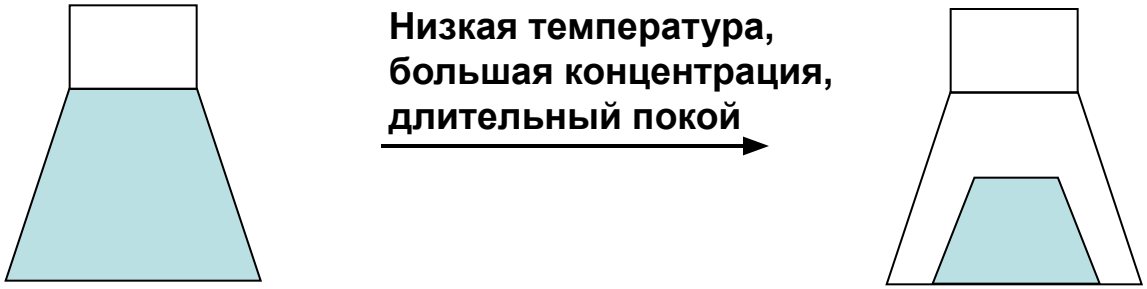
гели с коагуляционными контактами, например, гель яичного альбумина;

Частичная тиксотропия для гелей со смешанной коагуляционно-кристаллизационной структурой, например, малоконцентрированные гели желатины и казеина.

Сотрясение мозга и последующее восстановление его исходной структуры.

Синерезис –

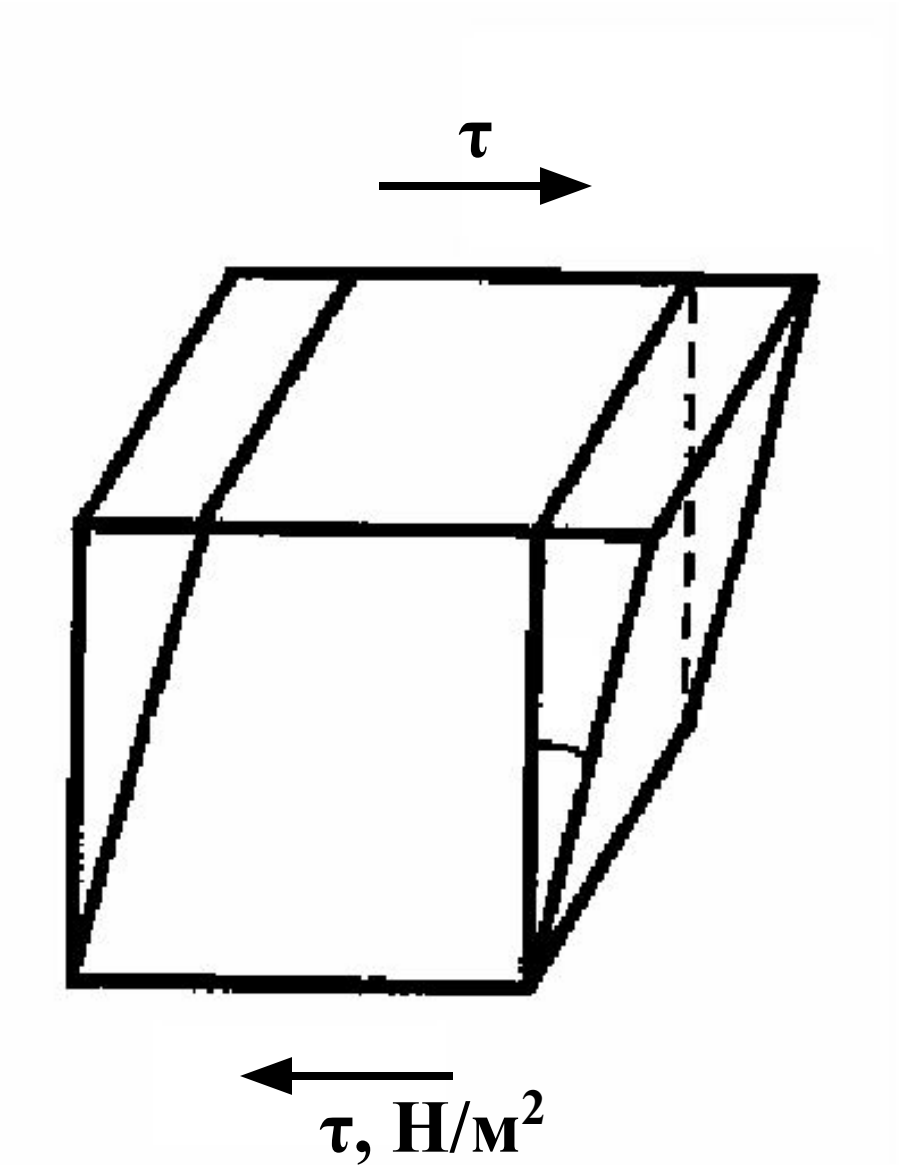
необратимый процесс старения геля, сопровождаемый упорядочением структуры с сохранением первоначальной формы, сжатием сетки и выделением из нее дисперсионной среды



Процесс старения:

мясо старых животных намного плотнее, а кости тоньше, чем у молодых.

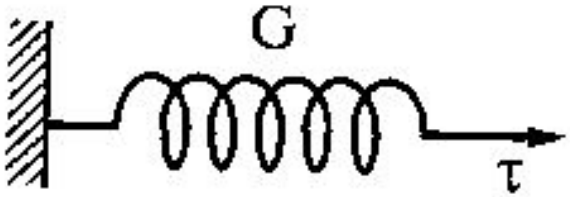
РЕОЛОГИЯ

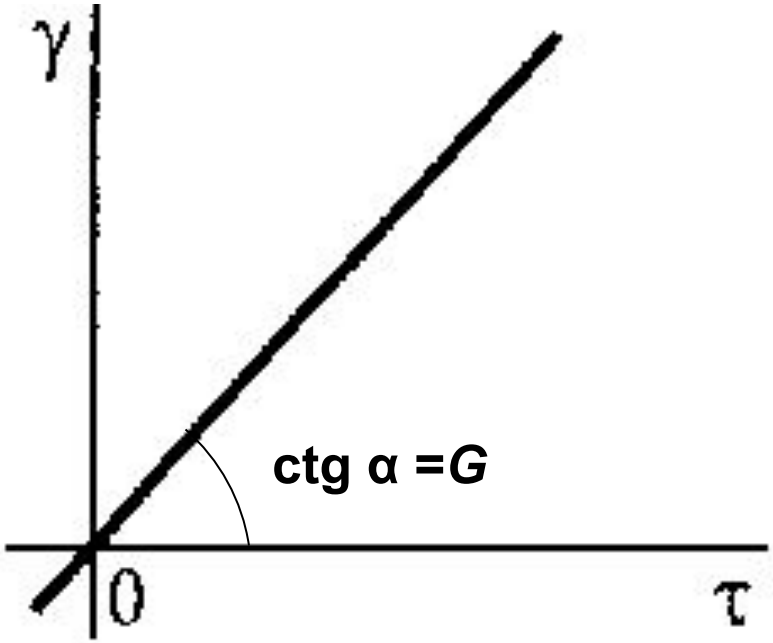


$\gamma(\tau)$, $\dot{\gamma}(\tau)$, $\eta(\tau)$

$\dot{\gamma} = d\gamma/dt$ [c^{-1}]

УПРУГОЕ ПОВЕДЕНИЕ





$$\tau = G\gamma$$

τ – напряжение сдвига

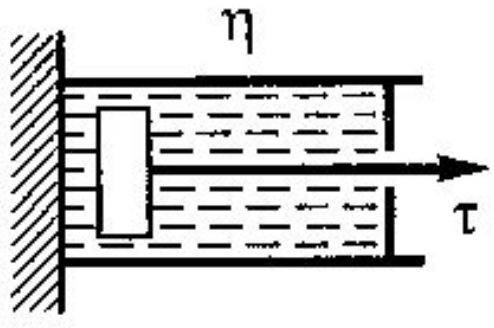
G – модуль сдвига

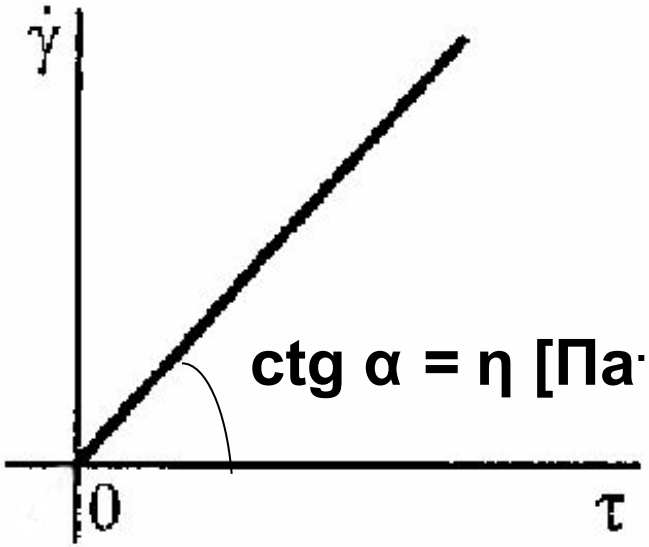
γ – относительная деформация

Молекулярные кристаллы *G* ~10^9 Н/м^2

Ковалентные кристаллы и металлы *G* > 10^{11} Н/м^2

ВЯЗКОЕ ПОВЕДЕНИЕ (ВЯЗКОЕ ТЕЧЕНИЕ)





Уравнение Ньютона

$$\tau = \eta \frac{d\gamma}{dt} = \eta \dot{\gamma}$$

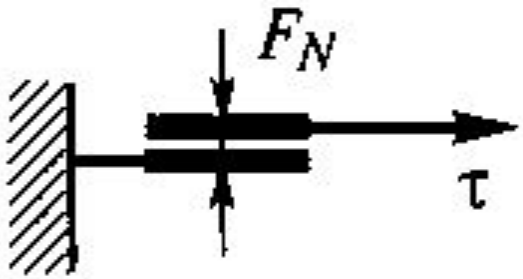
τ – напряжение сдвига

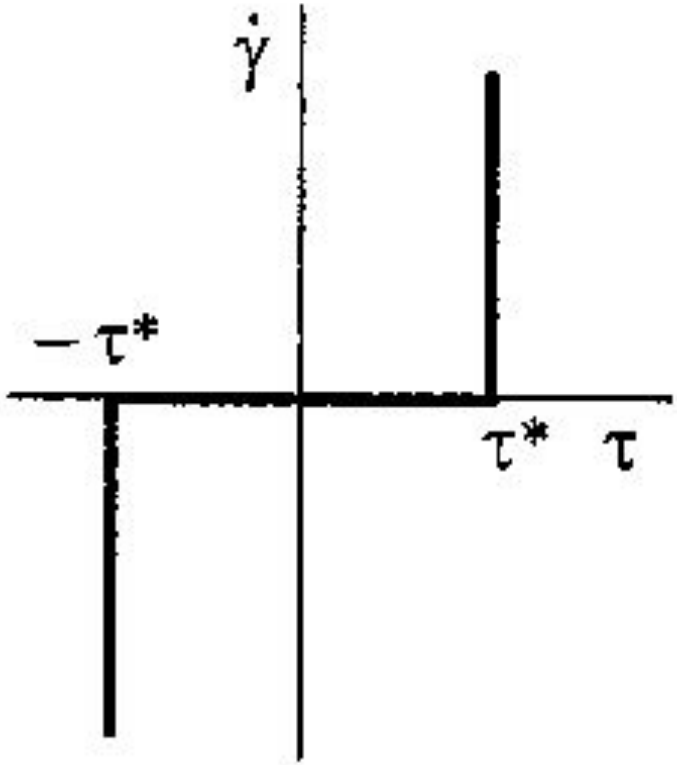
η – вязкость

dγ/dt – скорость развития деформации

Вязкость меняется в широких пределах:
от 10^{-3} Па·с для воды
до 10^{15} Па·с для горных пород

ПЛАСТИЧНОСТЬ (ПЛАСТИЧЕСКОЕ ТЕЧЕНИЕ)

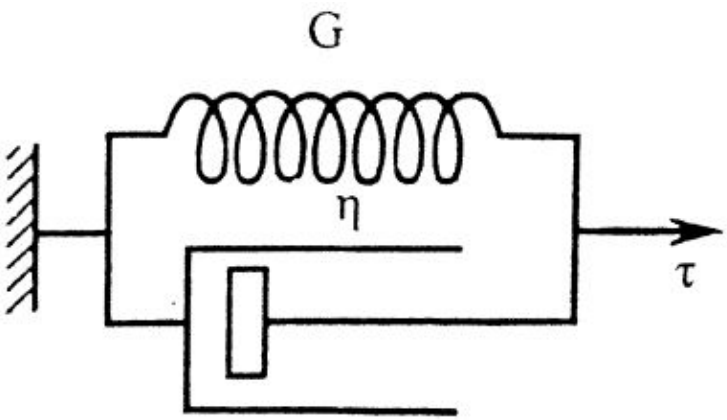




$\tau < \tau^*$ $\quad \gamma = 0 \quad d\gamma/dt = 0$

$\tau = \tau^*$ $\quad \gamma > 0 \quad d\gamma/dt > 0$

МОДЕЛЬ КЕЛЬВИНА

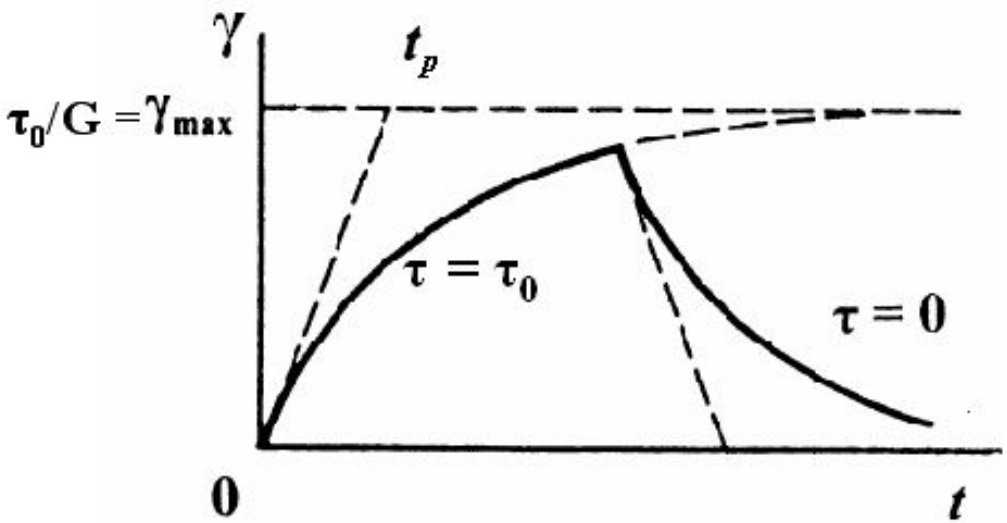


$\gamma = const.$

$$\tau = \tau_G + \tau_\eta$$

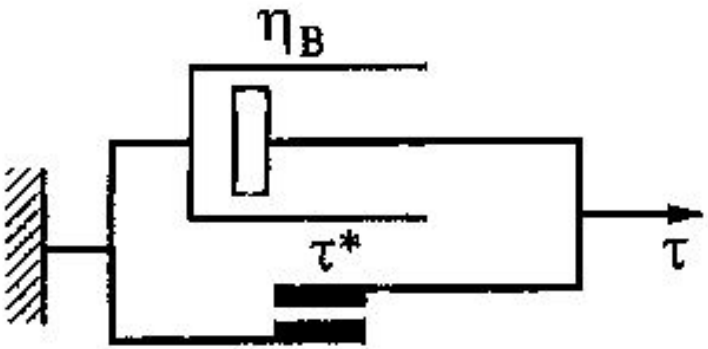
$$\dot{\gamma} = \frac{d\gamma}{dt} = \frac{\tau_\eta}{\eta} = \frac{\tau_0 - \tau_G}{\eta} = \frac{\tau_0 - G\gamma}{\eta}$$

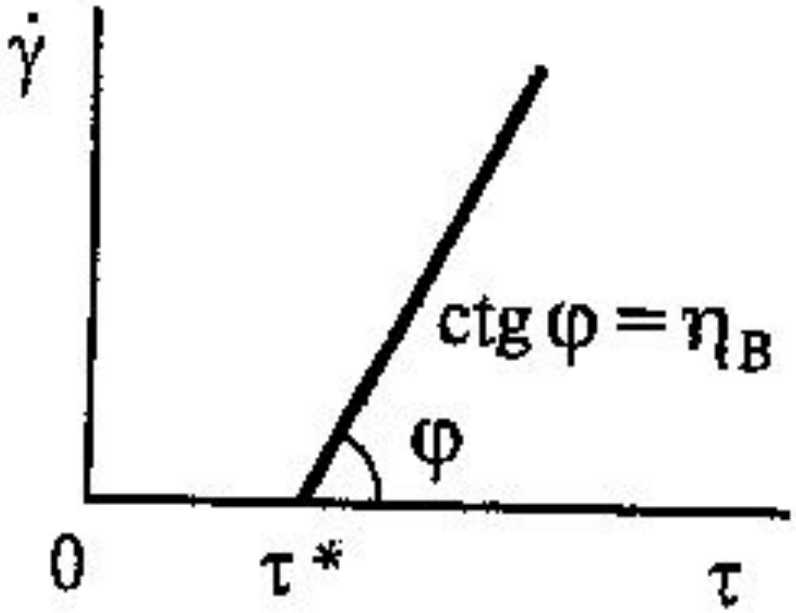
$$\gamma = \frac{\tau_0}{G}\left(1 - \exp\left(-\frac{Gt}{\eta}\right)\right) = \frac{\tau_0}{G}\left(1 - \exp\left(-\frac{t}{t_p}\right)\right)$$



$t_p = \eta/G$

МОДЕЛЬ БИНГАМА

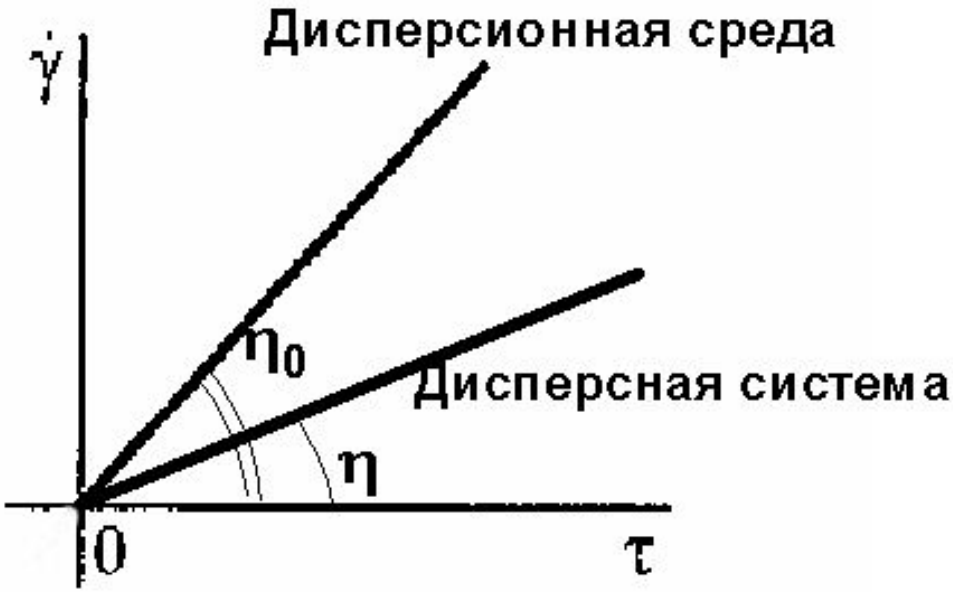




$$\tau - \tau^* = \eta_B \dot{\gamma}$$

РЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ СВОБОДНОДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Изометричные частицы



НЬЮТОНОВСКАЯ СИСТЕМА

$$\frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = k\varphi$$

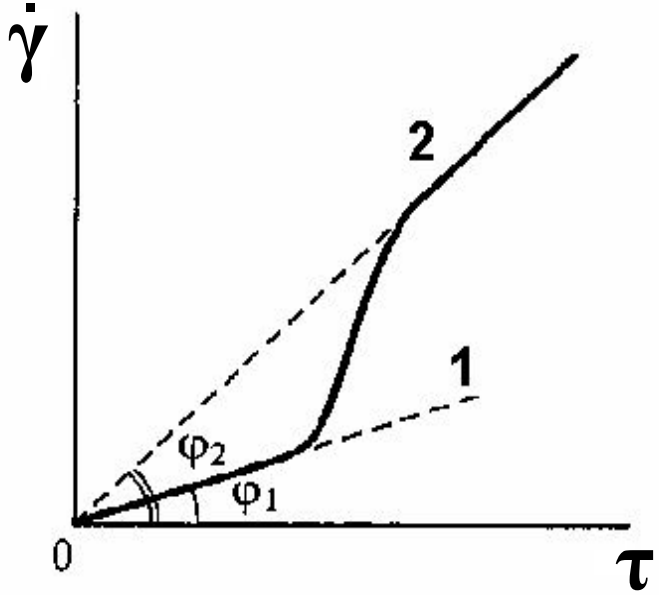
η - вязкость дисперсной системы

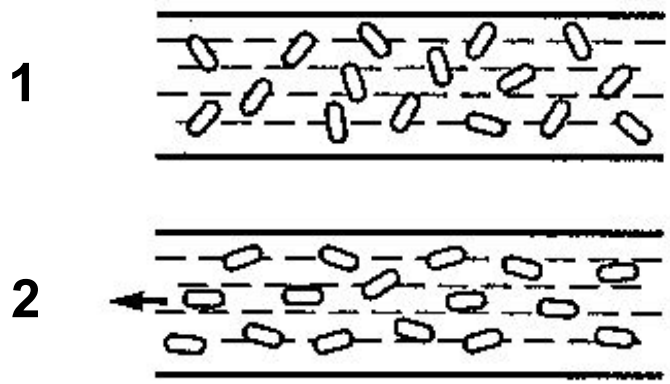
η_0 - вязкость дисперсионной среды

ϕ - объемная доля дисперсной фазы

k – коэффициент формы

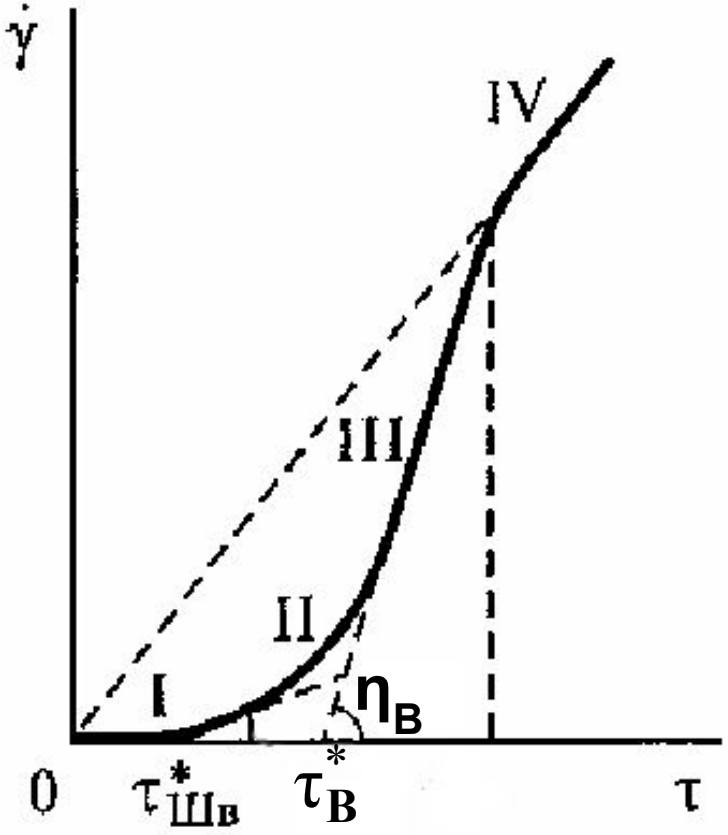
Анизометричные частицы

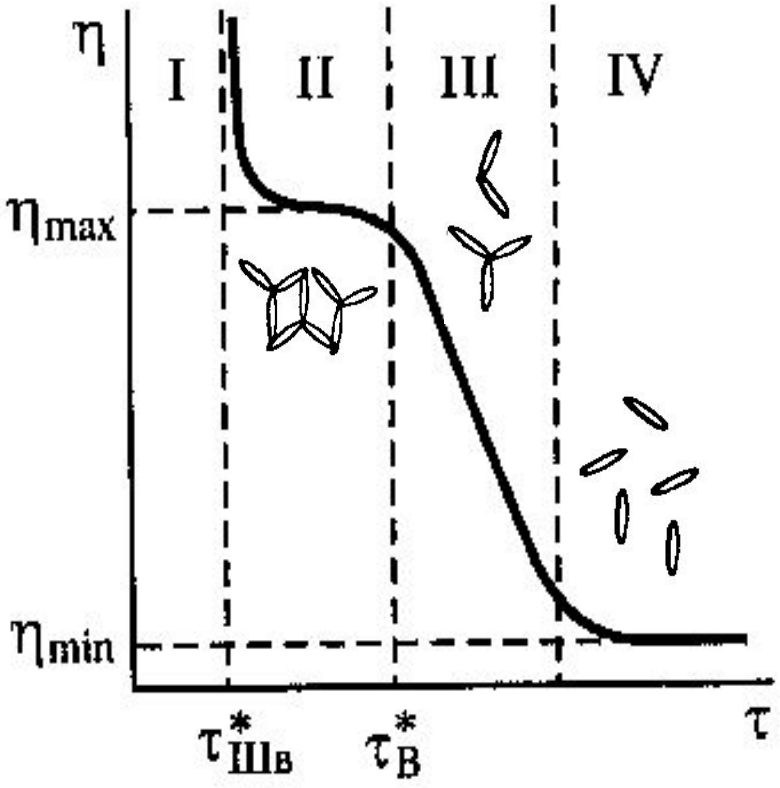




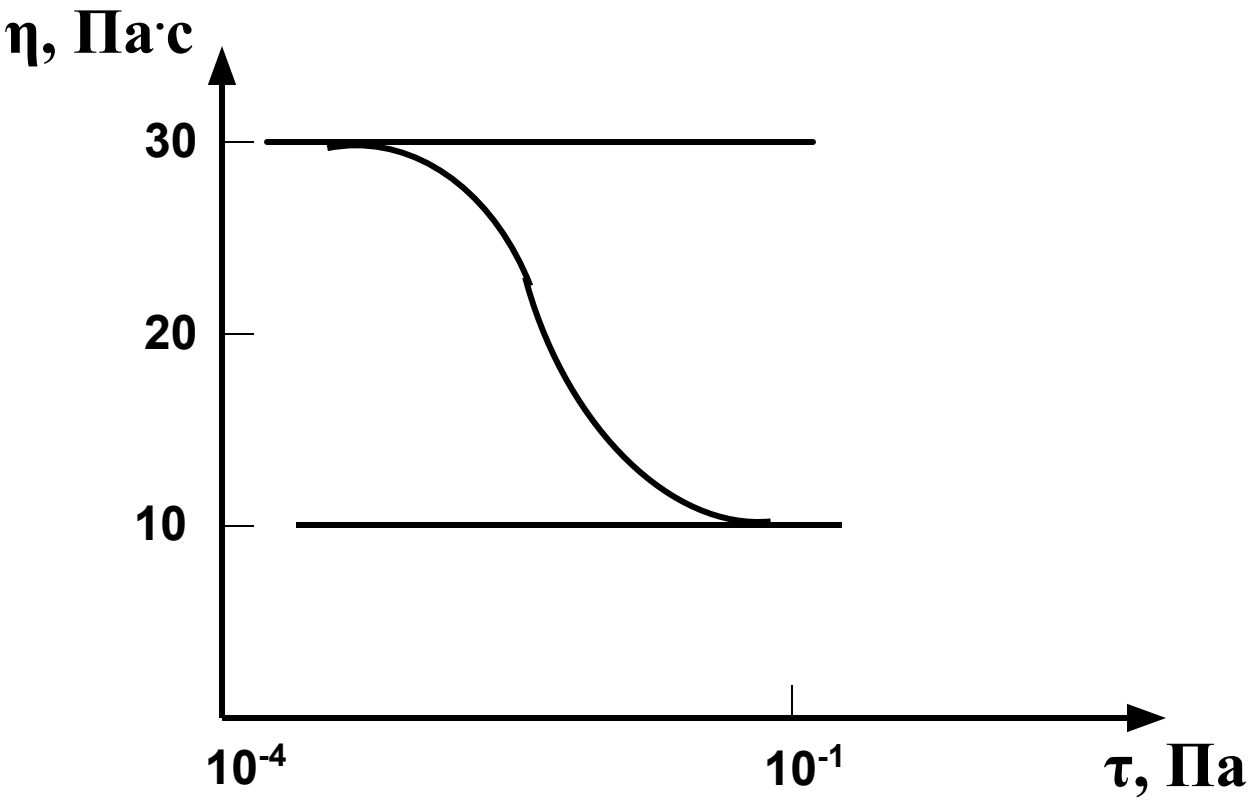
НЕНЬЮТОНОВСКАЯ СИСТЕМА

РЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ СВЯЗНОДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ С КОАГУЛЯЦИОННЫМИ КОНТАКТАМИ. ПОЛНАЯ РЕОЛОГИЧЕСКАЯ КРИВАЯ





РЕОЛОГИЧЕСКАЯ КРИВАЯ КРОВИ



АНКЕТА – 2013

1. Как Вы оцениваете сложность восприятия лекционного материала?
   А) Сложный
   Б) Нормальный
   В) Упрощенный

2. Нужно ли усложнять материал прочитанных Вам лекций?
   А) Да
   Б) Нет

3. Какой раздел лекций Вы предложили бы расширить и углубить, какой сократить?

4. Как Вы считаете, нужны ли контрольные работы и семинары?
   А) Да
   Б) Нет

5. Ваши предложения по усовершенствованию курса лекций.

6. Ваши замечания и пожелания лектору.