

# **Электрические свойства**

электропроводность и диэлектрическая  
проницаемость

**Электропроводность** - способность грунтов проводить электрический ток

- Удельная электропроводность  $\sigma$
- Удельное электрическое сопротивление  $\rho$

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{RS}{L} \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

(R – сопротивление образца, имеющего  $S = 1 \text{ м}^2$  и  $L = 1 \text{ м}$ )

$\rho$  минералов =  $10^{-6} - 10^{16}$  Ом·м

самородные <  $10^{-6}$  Ом·м

большинство  $10^2 - 10^{16}$  Ом·м

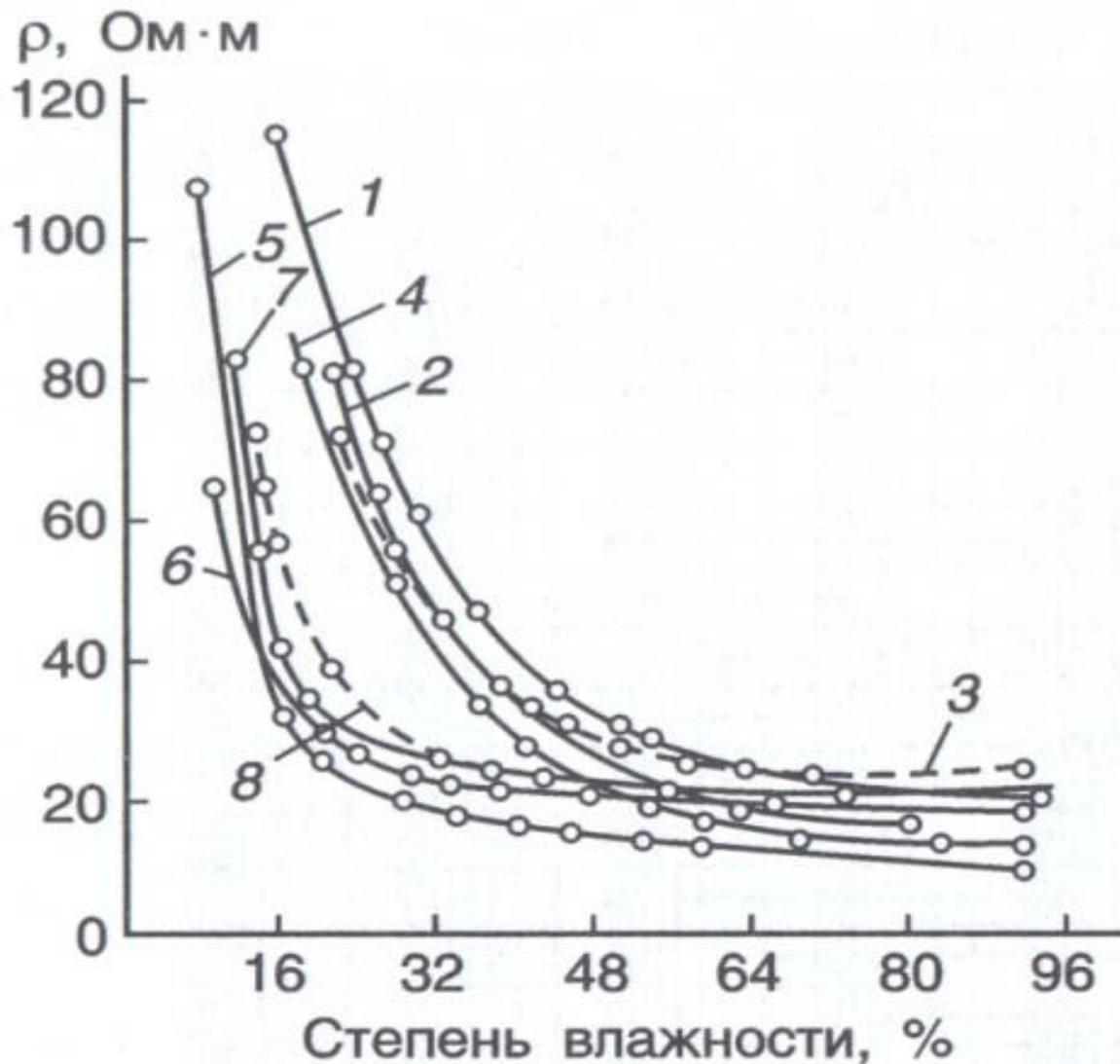
$\rho$  природных вод =  $10^{-2} - 10^3$  Ом·м

$\rho$  подземных льдов =  $3 \cdot 10^3$  Ом·м

Чем влажнее грунт – тем .....

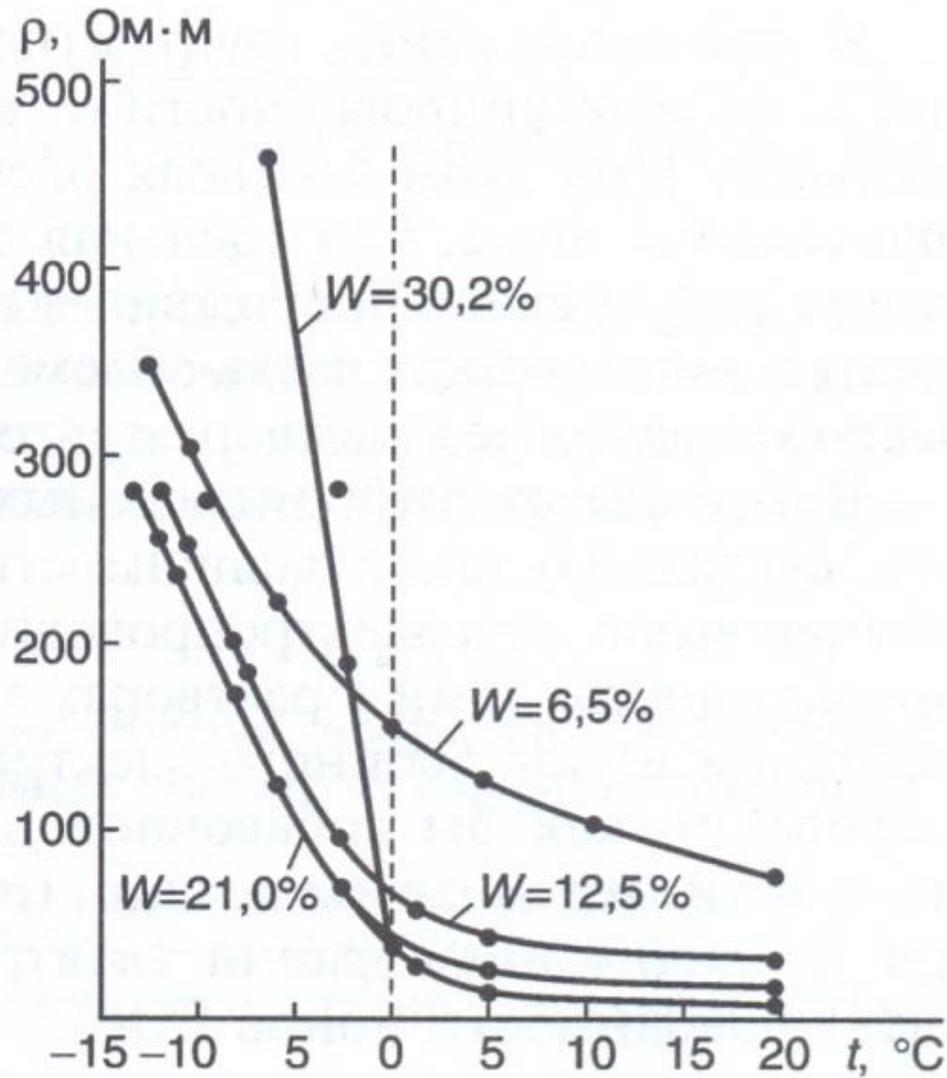
При промерзании грунтов их проводимость

.....



Зависимость удельного электрического сопротивления дисперсных грунтов от влажности (по Л.П. Терентьевой):

1 – 4 – тонкодисперсные грунты; 5 – 8 – грубодисперсные грунты



Зависимость удельного электрического сопротивления глинистых грунтов от температуры при разных влажностях (по А.А. Ананяну)

# Диэлектрическая проницаемость

$\epsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость – показывает, во сколько раз электрическая сила, действующая на любой заряд в данной среде меньше, чем в вакууме

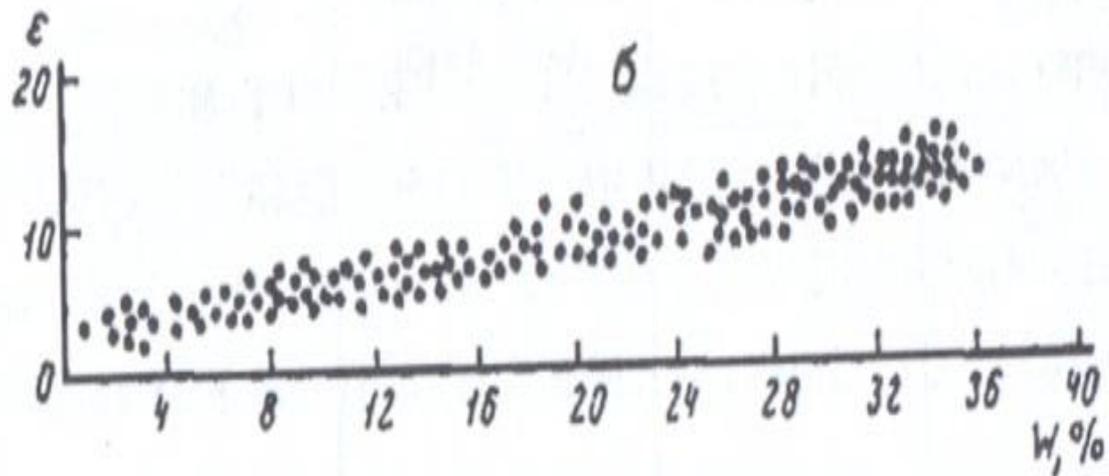
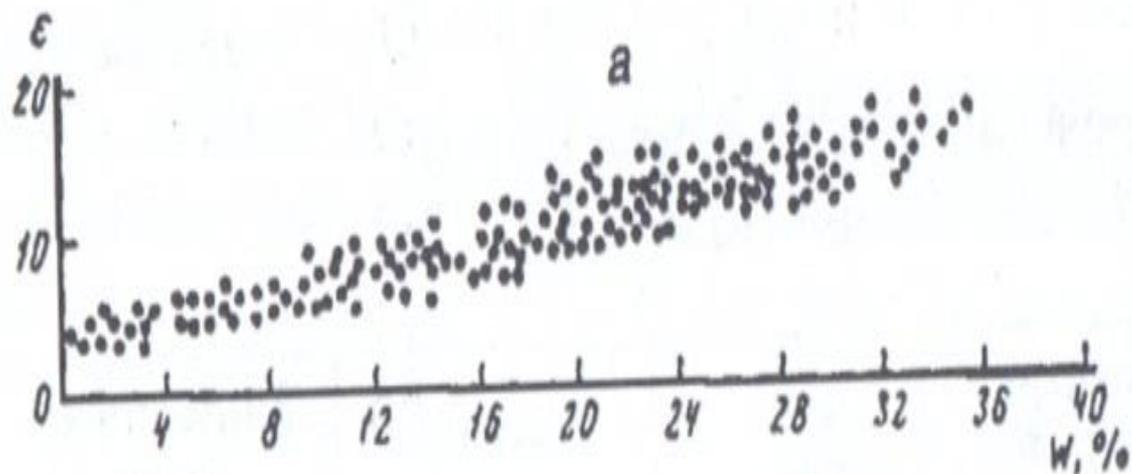
**Зависит**, в основном, от:

- влажности
- температуры

**ε** воздуха  $\approx 1$

**ε** воды = 88

**ε** большинство минералов = 3 – 12



Зависимость диэлектрической проницаемости от объемной влажности (по Г.Я. Чернику):

а-для кварцевого песка, б-для смеси кварцевого песка с каолиновой глины при изменении ее содержания от 0 до 15%, все измерения при частотах тока  $10^6 - 10^8$  Гц

# Магнитные свойства

**X** – магнитная восприимчивость

## По величине $\chi$ выделяются:

- **Диамагнетики**  $\chi < 0$  (нет магнитного момента)  
самородные минералы (Cu, Zn, Ag, Au, S, C),  
кварц, гипс, галит, мел, известняк
- **Парамагнетики**  $\chi > 0$  (магнитные моменты ориент. во внешнем поле)  
большинство минералов и пород
- **Ферромагнетики**  $\chi \gg 0$  (магнитные моменты ориент. даже без внешнего поля)  
магнетит, титаномагнетит, самородное Fe

# Коррозионная способность грунтов

**Коррозия** – процесс разрушения материалов вследствие их химического или электрохимического взаимодействия с окружающей средой

подземная коррозия – преимущественно электрохимическая

(поровые растворы = растворы электролитов)

Скорость подземной коррозии – **коррозионная активность грунта** – срок, по истечении которого в материале образуется сквозной питтинг (каверна)

## **По классификации В.А. Притулы, 1961:**

Низкая – более 25 лет

Нормальная – 10-25 лет

Повышенная – 5-10 лет

Высокая – 3-5 лет

Весьма высокая – 1-3 года

(для стального трубопровода  $\varnothing$  300 мм с толщиной стенки 8-9 мм)

$\rho$  – косвенный показатель

чем меньше  $\rho$ , тем выше активность

Сухие грунты – слабая

Водонасыщенные – слабая

$W=20-25\%$  – max

# Коррозионная активность грунтов по отношению к углеродистой стали (ГОСТ 9.015 – 74)

Коррозионная активность грунтов	Удельное электрическое сопротивление, Ом·м
Низкая	$>100$
Средняя	20-100
Повышенная	10-20
Высокая	5-10
Весьма высокая	$\leq 5$

# Коррозионная активность грунтов по отношению к свинцовой оболочке кабеля (ГОСТ 9.015 – 74)

Коррозионная активность грунтов	рН	Содержание компонентов, % от массы воздушно-сухого грунта	
		органических веществ (гумуса)	Нитрат-иона
Низкая	6,5 – 7,5	до 0,01	до 0,0001
Средняя	5,0 – 6,4 7,6 – 9,0	0,01 – 0,02	0,0001 – 0,001
Высокая	<5 >9	>0,02	>0,001

# Химические свойства грунтов

- Растворимость
- Химическая поглотительная способность
- Кислотно-основные свойства (pH)
- Химическая агрессивность

# Растворимость грунтов

– их способность образовывать с другими веществами растворы

Показатели:

**Концентрация насыщенного (равновесного) раствора** – максимальное количество грунта, способное раствориться в данном растворителе при определенных Р и Т (**мг/л, кмоль/м<sup>3</sup>, кмоль/1000кг**)

**Произведение растворимости (ПР)** - произведение молярных концентраций катионов и анионов минерала или вещества в его насыщенном растворе (**моль/л**)

Для минерала вида  $A_x B_y$  :

$$\text{ПР} = [A]^x [B]^y$$

**[A]** – концентрация катионов

**[B]** – концентрация анионов

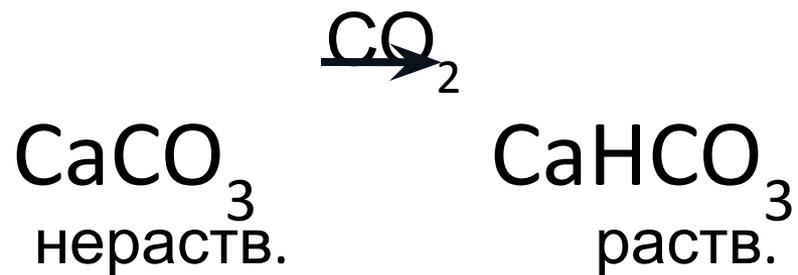
## Зависит от:

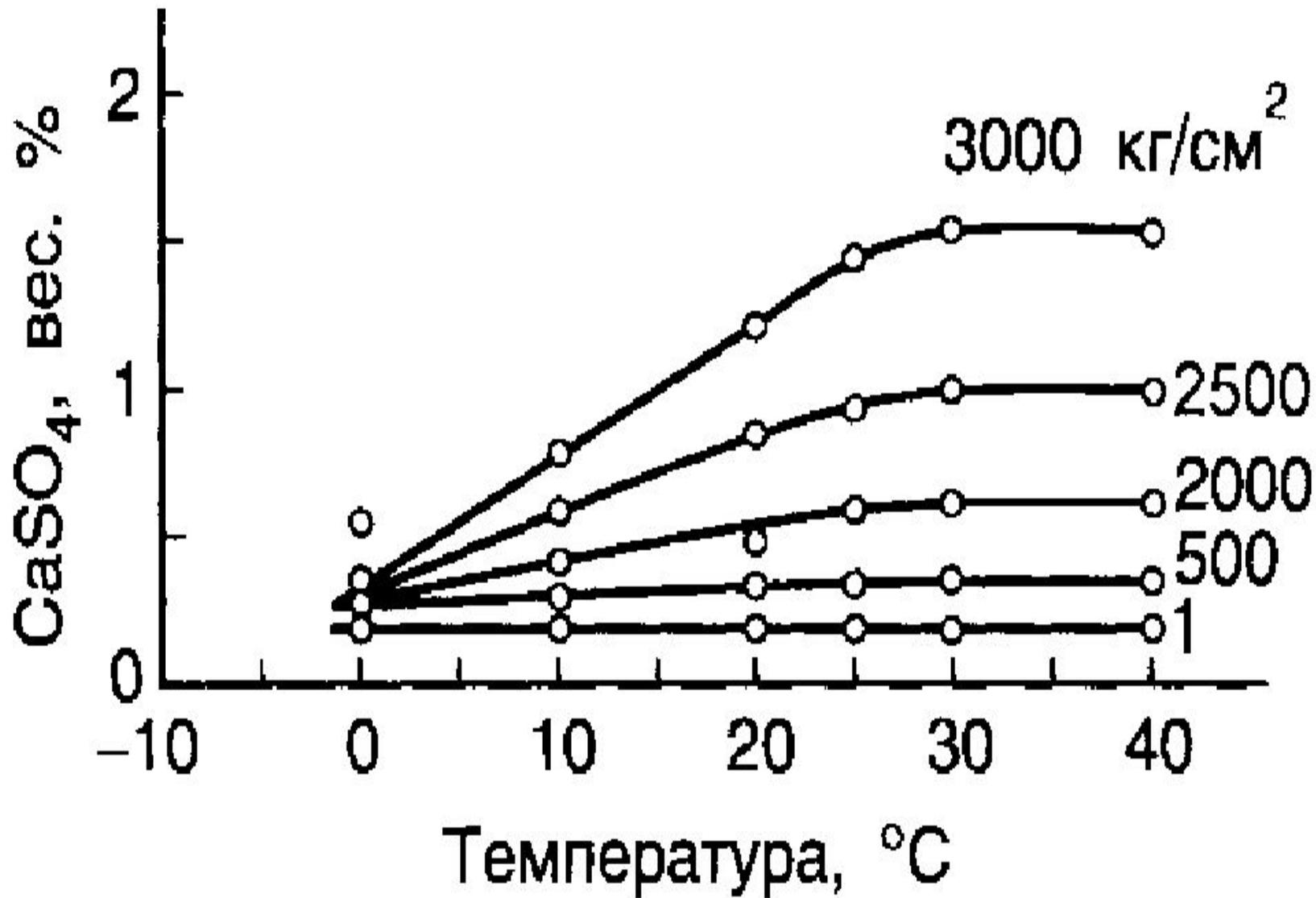
- Энергии кристаллической решетки (табл)
- Растворяющей способности растворителя
- Размера кристаллов
- Примесей
- Температуры и давления
- Химического состава вод

# Растворимость галоидов, сульфатов, карбонатов (Грунтоведение, 1983)

Минерал	Энергия кристаллической решетки, кДж/моль	Растворимость, моль/л
Галит NaCl	730	6,19
Ангидрит CaSO <sub>4</sub>	2560	0,013
Гипс CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	2600	0,008
Кальцит CaCO <sub>3</sub>	2800	0,00012
Доломит Ca, Mg (CaCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2980	0,000035

Галогиды → сульфаты → карбонаты  
уменьш.





Растворимость гипса в зависимости от давления и температуры (по П.А. Крюкову, 1971)

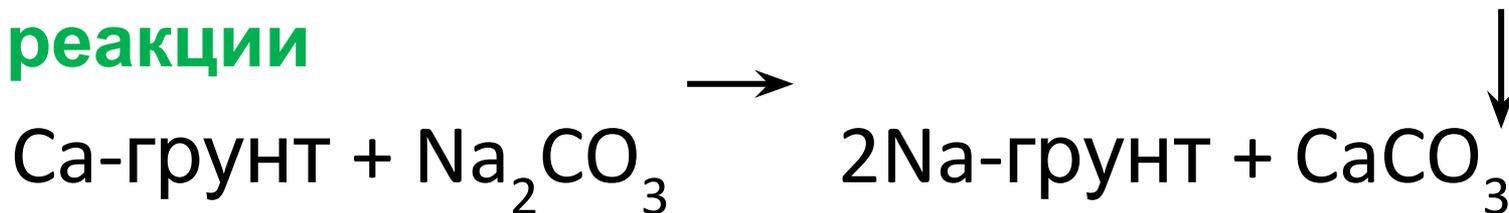
# Химическая поглотительная способность –

образование в грунтах труднорастворимых соединений в результате химических взаимодействий между твердой, жидкой и газовой фазами

- **Прямые химические реакции**



- **Ионный обмен**  $\longrightarrow$  **прямые химические реакции**



- **Хемосорбция**

(реакция между адсорбентом и адсорбатом)

**Химическая агрессивность** –  
химическое воздействие грунтов на  
материалы, приводящее к их разрушению

- Бетон
- Металлы

## Зависит от:

- Состава жидкого компонента
- Состава растворимых солей
- Концентрации растворимых солей

**Агрессивность подземных вод по отношению к бетонным сооружениям,  
расположенным в грунтах с  $K_{\phi} > 0,1$  м/сут**

Показатель агрессивности	Показатель агрессивности жидкой среды <sup>1</sup> для напорных сооружений при марке бетона по водонепроницаемости			Степень агрессивного воздействия
	$W_4$	$W_6$	$W_8$	
Бикарбонатная щелочность, мг-экв/л (град)*	0—1,5(3)	—	—	слабая
Водородный показатель рН**	5,0—6,5	4,0—5,0	3,5—4,0	слабая
	4,0—5,0	3,5—4,0	3,0—3,5	средняя
	0,0—4,0	0,0—3,5	0,0—3,0	сильная
Содержание агрессивной углекислоты, мг/л	10—40	> 40***	—	слабая
	>40***	—	—	средняя
Содержание магниевых солей (мг/л) в пересчете на Mg <sup>1</sup>	1000—2000	2000—3000	3000—4000	слабая
	2000—3000	3000—4000	4000—5000	средняя
	>3000	>4000	>5000	сильная
Содержание аммонийных солей (мг/л) в пересчете на NH <sub>4</sub>	100—500	500—800	800—1000	слабая
	500—800	800—1000	1000—1500	средняя
	>800	>1000	>1500	сильная
Содержание едких щелочей (мг/л) в пересчете на ионы K <sup>+</sup> и Na <sup>+</sup>	50000—60000	60000—80000	80000—100000	слабая
	60000—80000	80000—100000	100000—150000	средняя
	>80000	>100000	>150000	сильная
Суммарное содержание хлоридов, сульфатов <sup>2</sup> , нитратов и других солей (мг/л) при наличии испаряющих по- верхностей	10000—20000	20000—50000	50000—60000	слабая
	20000—50000	50000—60000	60000—70000	средняя
	>50000	>60000	>70000	сильная

# Физико-химические свойства

- Адсорбционные
- Ионнообменные
- Адгезия
- Липкость
- Диффузионные
- Осмотические
- Капиллярные
- Набухаемость
- Усадочность
- Водопрочность

# Адсорбционные свойства

**Адсорбция** – концентрирование вещества из объема фаз на поверхности раздела между ними

(способность дисперсных грунтов задерживать движущиеся через них жидкости, газы и взвеси)

Адсорбция:

- **физическая**
- **химическая (хемосорбция)**

## Физическая адсорбция

обусловлена молекулярным и электростатическим взаимодействием между частицами грунта и частицами фильтрующихся растворов или взвесей

- **положительная** (поглощается растворенное вещество - ПАВ)
- **отрицательная** (поглощается растворитель - ПИВ)

## Зависит от:

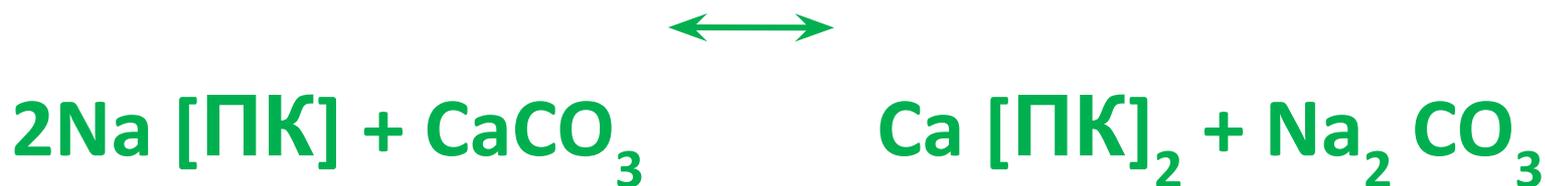
- Минерального состава
- Состава обменных катионов
- Температуры
- Давления

# Ионно-обменные свойства

Ионный обмен = обменная адсорбция

- поглощение грунтом ионов из порового раствора и переходом в раствор эквивалентного количества ионов из грунта

Катионный и анионный обмен



Показатель – **емкость обмена грунта (СЕС)** – концентрация способных к обмену ионов поглощенного комплекса грунта  
(мг-экв/100 г, кг-экв/1 м<sup>3</sup> )

По величине СЕС минералы делятся:

1. **Высокая СЕС** > 80 мг-экв/100г (сметиты, монтмориллонит, вермикулит и др)
2. **Средняя СЕС** = 15-80 мг-экв/100 г (иллиты, хлорит, палыгорскит и др.)
3. **Низкая СЕС** < 15 мг-экв/100 г (каолинит, галлуазит и др.)

## Зависит от:

- Минерального состава
- Дисперсности
- Примесей органики
- pH
- Температуры

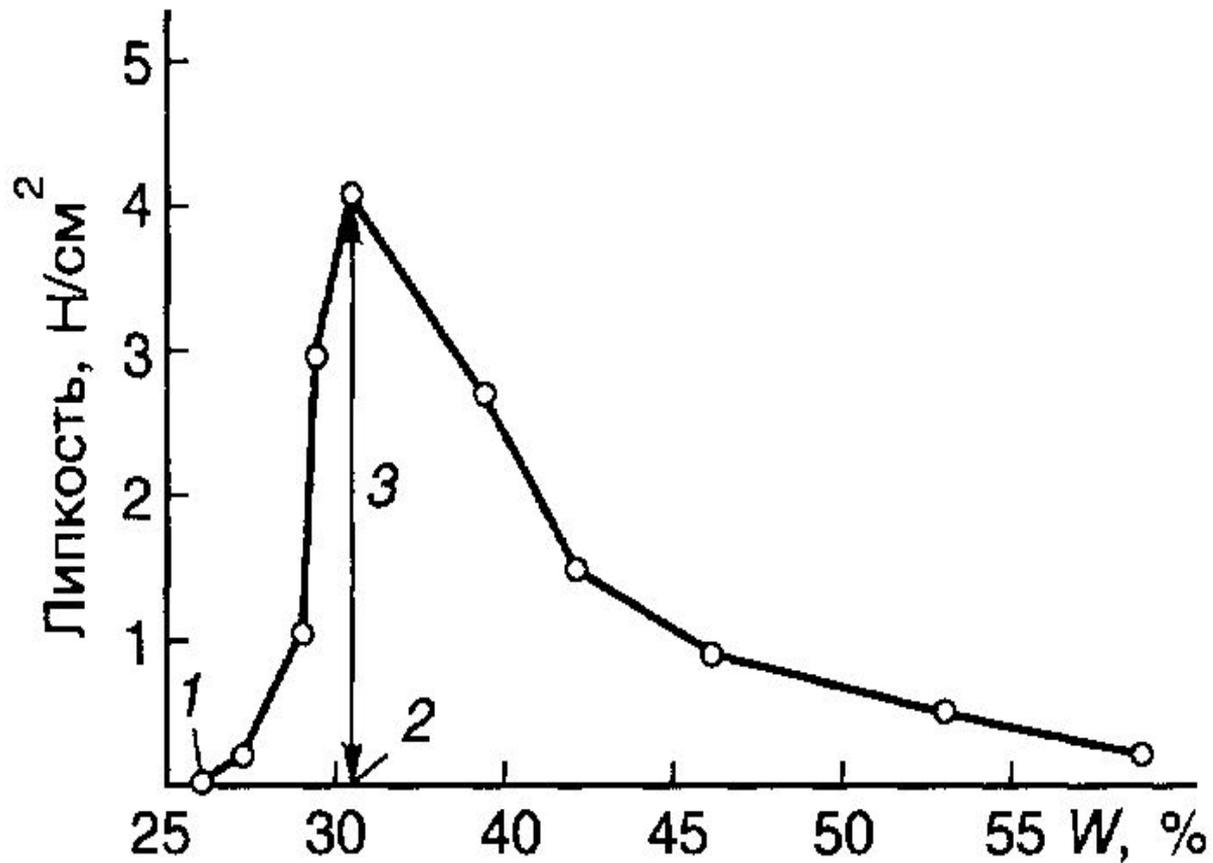
# Липкость грунтов

**Липкость** – способность грунтов прилипать к поверхности различных предметов при определенной влажности

**Глинистые, лессовые,  
органосодержащие грунты**

## Показатели:

- $W_{\text{нп}}$  – влажность начального прилипания
- $W_{\text{мп}}$  – влажность максимального прилипания
- $L_{\text{max}}$  – максимальная липкость (МПа, кг/см<sup>2</sup>,  
н/см<sup>2</sup> )



Зависимость липкости грунтов от влажности: 1 – влажность начального прилипания, 2- влажность максимального прилипания, 3 - максимальная липкость (Грунтоведение, 2005)

## Зависит от:

- Гранулометрического и микроагрегатного составов
- Минерального состава
- Влажности
- Плотности
- Состава обменных катионов
- Материала
- Внешнего давления