

Капиллярные свойства – способность грунтов перемещать жидкость по порам за счет подъемной силы вогнутого мениска

Закон Лапласа:

$$p_{\text{кап}} = \frac{2\sigma}{R}$$

σ – поверхностное натяжение жидкости

R – радиус кривизны поверхности жидкости

$$Q = \frac{2\sigma \cos \theta}{r}$$

Q – подъемная сила мениска

θ – краевой угол смачивания

r – радиус капилляра

Формула Жюрена

$$H = \frac{0,15}{r} = \frac{0,3}{\alpha}$$

r – радиус пор

α – коэффициент поверхностного натяжения
жидкости

Показатели:

- h_c (Н) – высота капиллярного поднятия
- V_c – скорость капиллярного поднятия
- $p_{\text{кап}}$ – капиллярное давление

Зависят от:

- Минерального состава
- Дисперсности
- Состава и свойств жидкости
- Температуры, давления

Высота капиллярного поднятия:

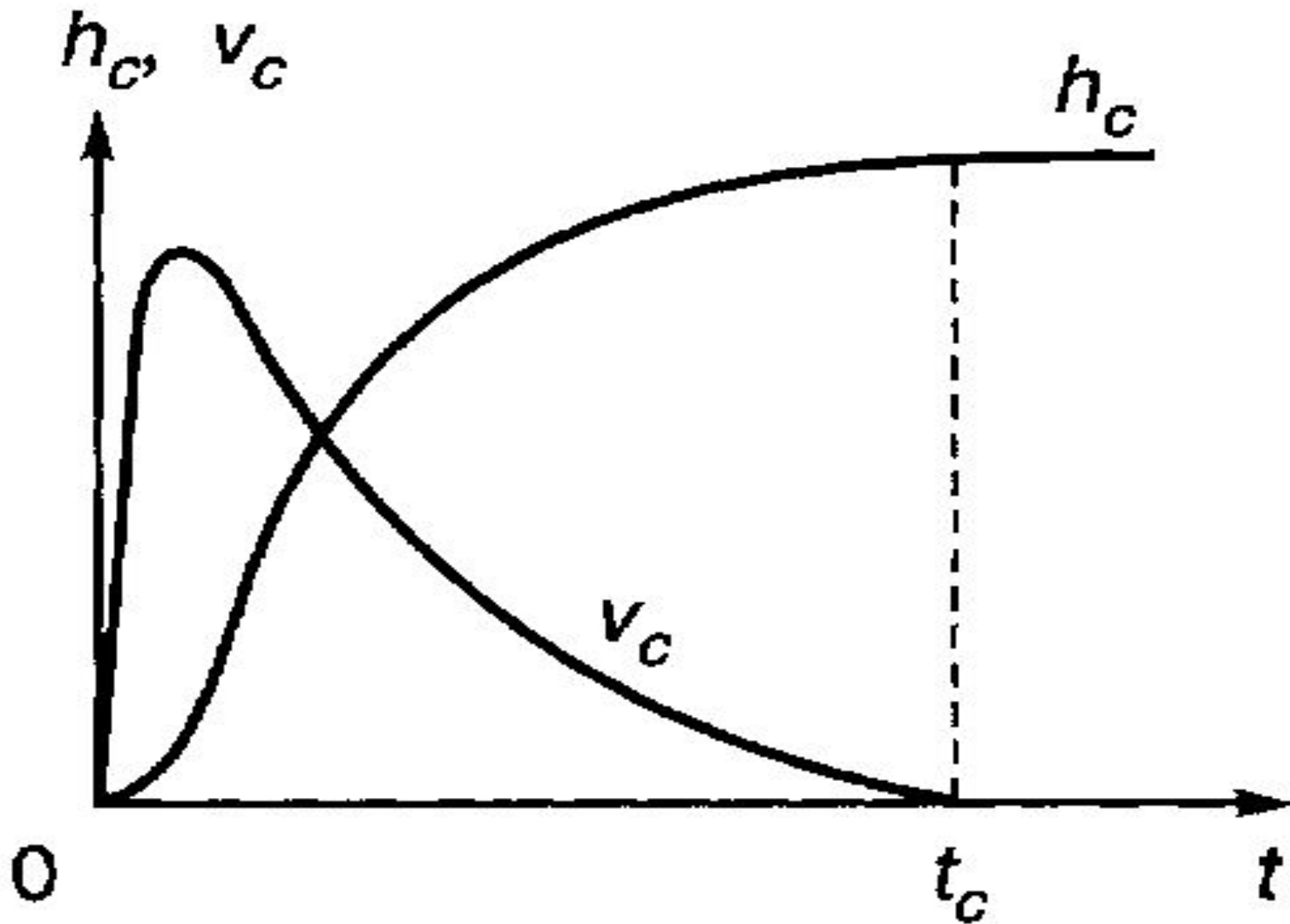
Среднезернистые пески 0,15 – 0,35 м

Мелкозернистые пески 0,35 – 1 м

Супеси 1 – 1,5 м

Суглинки 3 – 4 м

Глины до 8 – 12 м



Зависимость высоты и скорости капиллярного поднятия воды в грунте от времени (Грунтоведение, 2005)

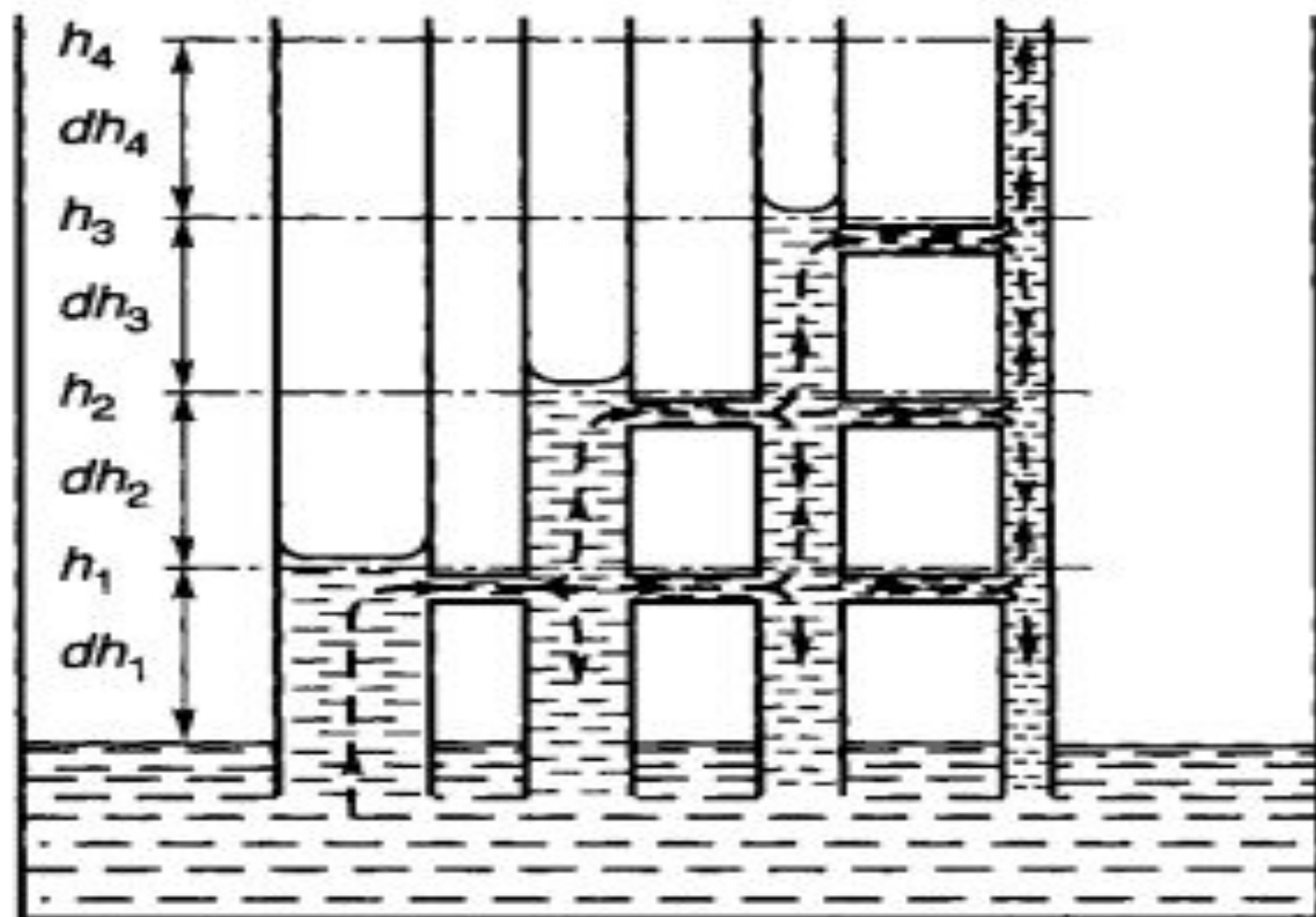
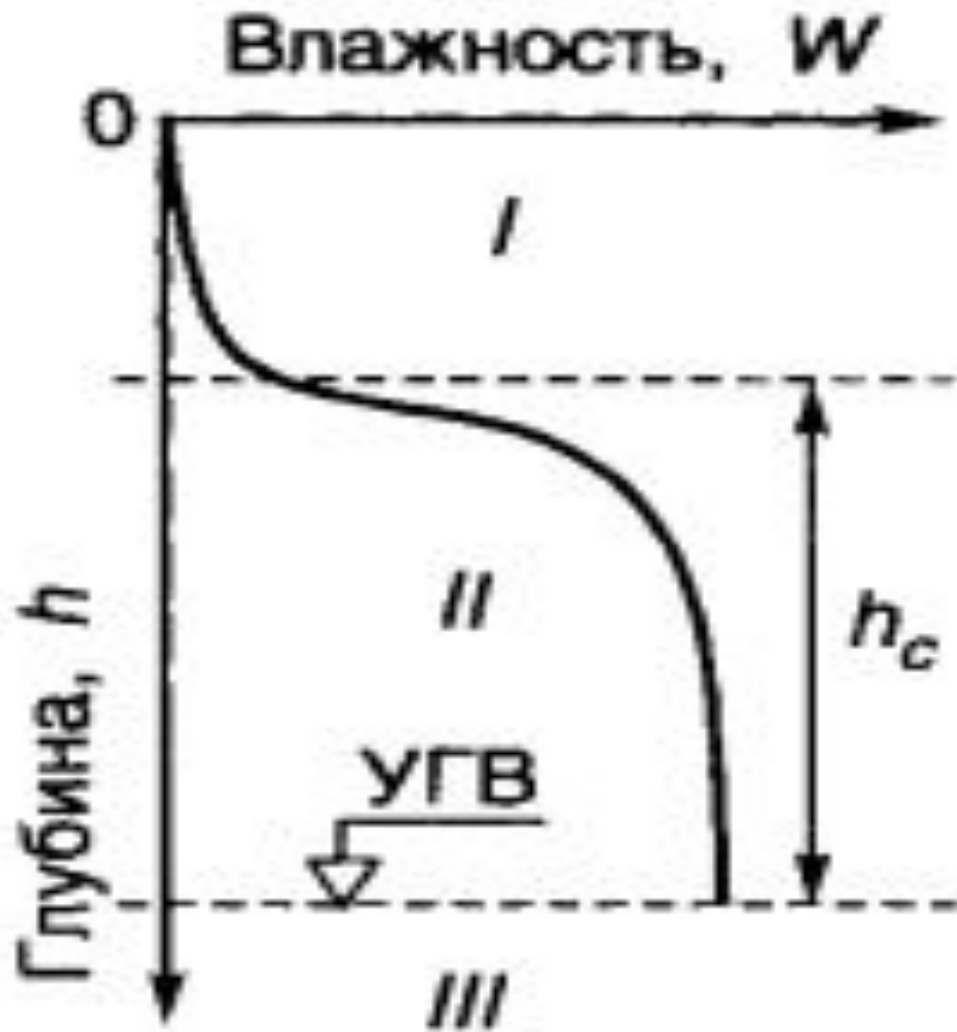


Рис. 11.24. Схема подъема воды в системе взаимосвязанных капилляров (по И.И.Судницину, 1979)



Формирование капиллярной каймы в зоне аэрации: I – зона прочносвязанной воды, II – зона капиллярной каймы, III – грунтовые воды, УГВ – уровень грунтовых вод (Грунтоведение, 2005)

Набухаемость – способность дисперсных грунтов увеличивать объем в процессе взаимодействия с водой или растворами

Глины, суглинки, органосодержащие грунты

Механизм

Показатели:

- ϵ_{sw} – относительная деформация набухания
(степень набухания) $\epsilon_{sw} = \frac{\Delta h}{h_0}$
по ГОСТ 25100-95 грунты набухающие при $\epsilon_{sw} \geq 0,04$
- W_{sw} – влажность свободного набухания = конечная влажность полностью набухшего грунта
- p_{sw} – давление набухания, МПа
- V_{sw} – скорость набухания $V_{sw} = \frac{\Delta \epsilon_{sw}}{\Delta t}$
- t_{sw} – период набухания

Подразделение грунтов по набуханию

(по СП 11-105-97)

Категория грунтов	Относительная деформация набухания, ϵ_{sw}	Давление набухания (нормативное), МПа
Ненабухающие	$< 0,04$	$< 0,02$
Слабонабухающие	$0,04—0,08$	$0,02—0,09$
Средненабухающие	$0,08—0,12$	$0,09—0,17$
Сильнонабухающие	$> 0,12$	$> 0,17$

Зависит от:

- Грансостава
- Минерального состава
- Состава обменных катионов
- Начальной влажности
(Чем выше – тем)
- Плотности
- Состава и концентрации порового раствора
- Внешнее давление

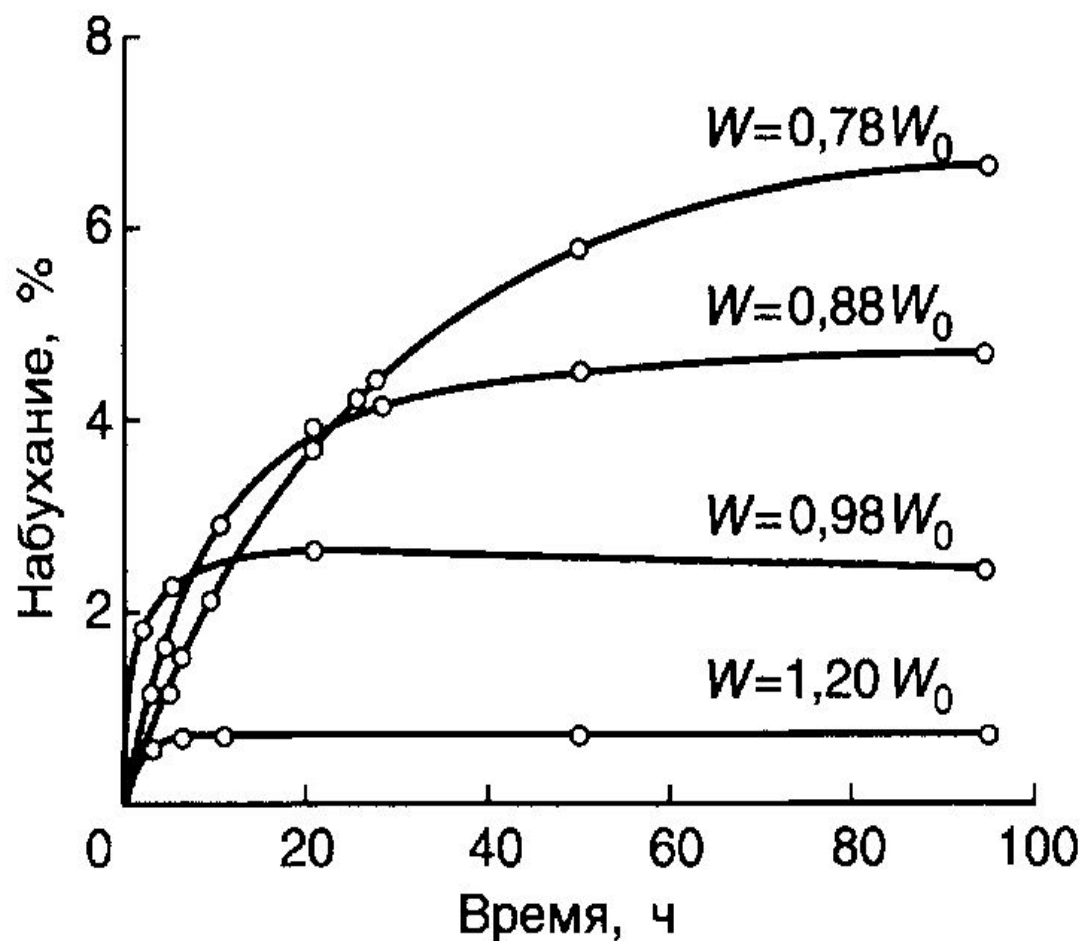


Рис. 11.32. Кинетика набухания глинистого грунта при различной исходной влажности, W_0 — оптимальная влажность равна 18% (по Н.Я.Хархуте и Ю.М.Васильеву, 1964)

Усадочность – уменьшение объема грунтов в процессе дегидратации (обезвоживания)

● **Показатели:**

- ϵ_{sh} – относительная линейная усадка

$$\epsilon_{sh} = \frac{\Delta h}{h_0}$$

- b_{sh} – относительная объемная усадка

$$b_{sh} = \frac{\Delta V}{V_0}$$

- W_{sh} – влажность на пределе усадки

- β_{sh} – коэффициент усадки

$$\beta_{sh} = \frac{b_{sh}}{\Delta W - b_{sh} W_0}$$

Стадии усадки

Стадии усадки
грунтов
(Грунтоведение,
2005):

I – структурной
усадки;

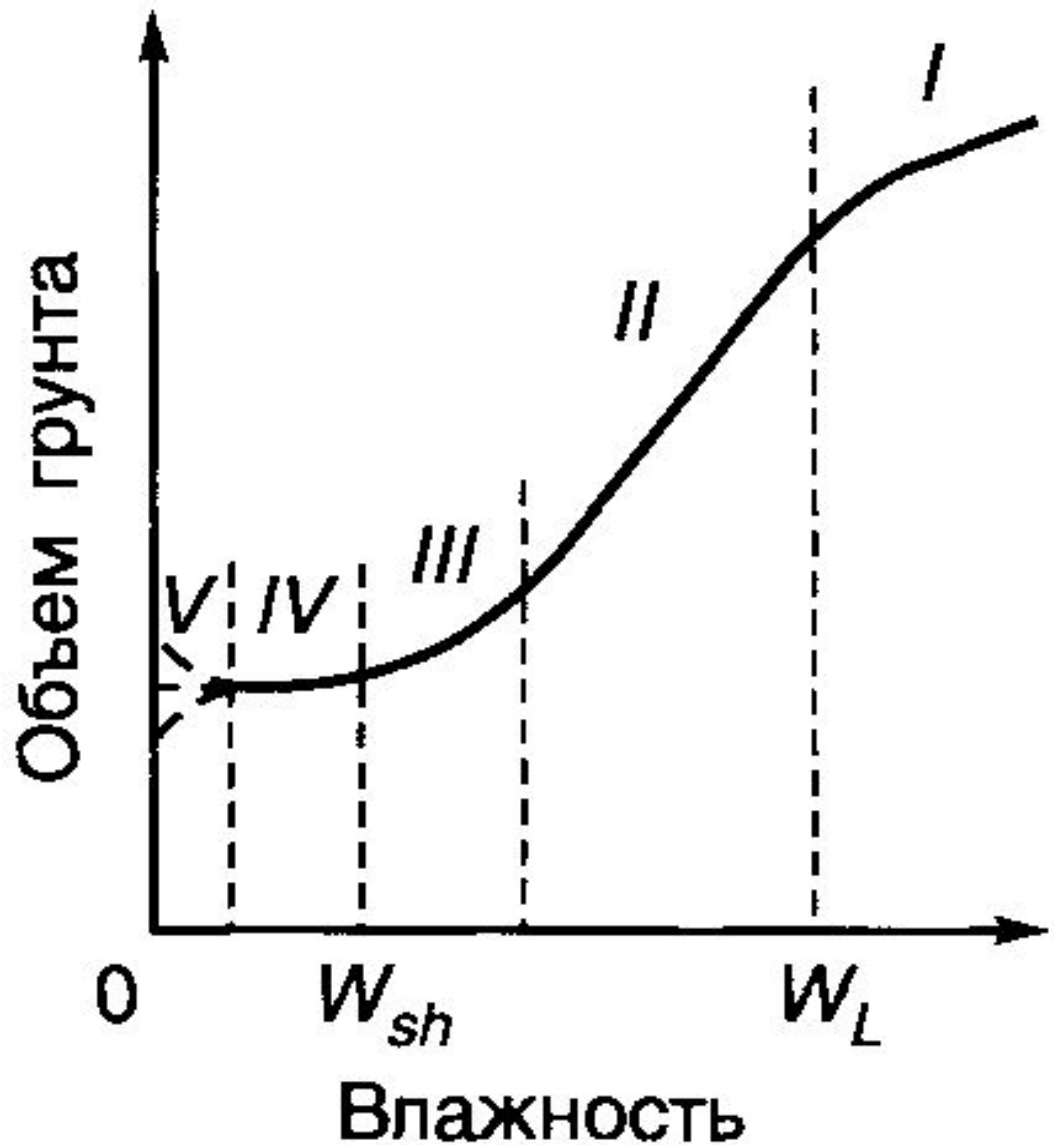
II – нормальной
(линейной)
усадки;

III – нелинейной

усадки;

IV – безусадочная;

V - остаточная



Зависит от:

- Грансостава
- Минерального состава
- Состава обменных катионов
- Начальной влажности
(Чем выше – тем)
- Начальной плотности
- Состава и концентрации порового раствора
- *Режим сушки*

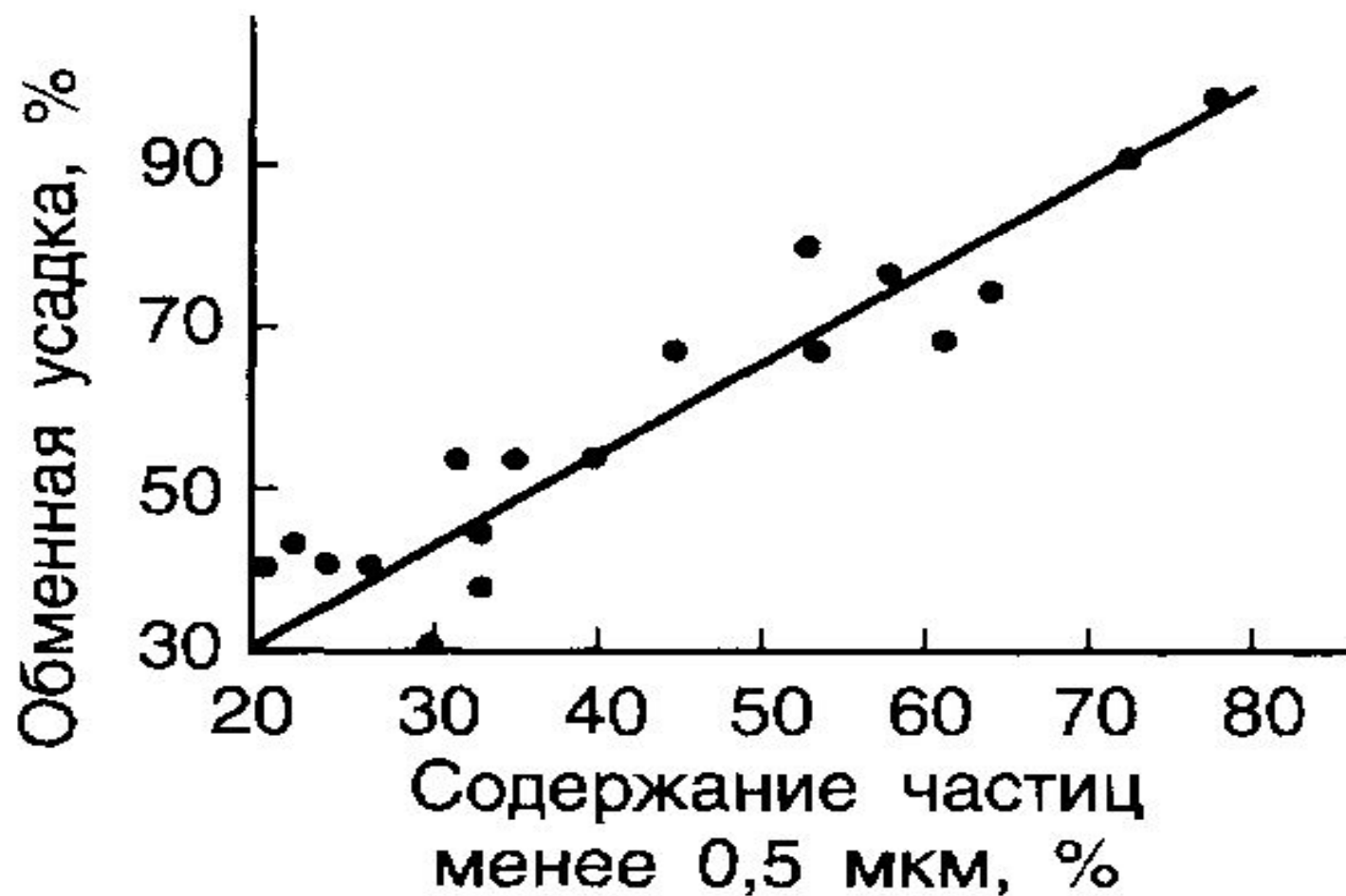
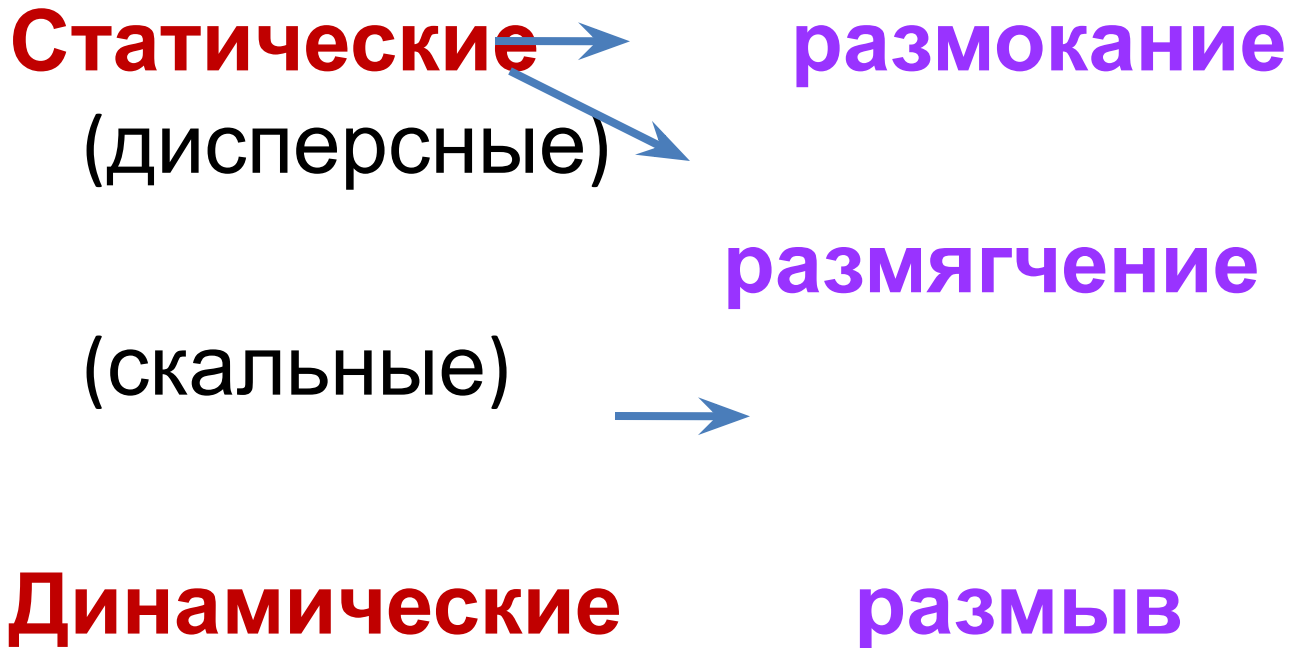


Рис.11.40. Зависимость объемной усадки глинистых грунтов от содержания частиц менее 5 мкм (по А.А.Васильеву)

Водопрочность – способность грунтов
сохранять свою механическую
устойчивость в водной среде

Условия взаимодействия грунтов с водой:



Размокаемость – полная потеря
связности и прочности грунтов в стоячей
воде

Дисперсные,
слабосцементированные осадочные,
искусственные грунты

Показатели:

- t_p — время размокания
- V_p — скорость размокания (оценивается по относительной потере массы $\Delta m/m_0$ за время Δt)
- Характер размокания

Зависит от:

- Грансостава
- Минерального состава
- Водорастворимых солей
- Текстуры
- Начальной влажности
- Плотности
- Состава и концентрации действующей воды

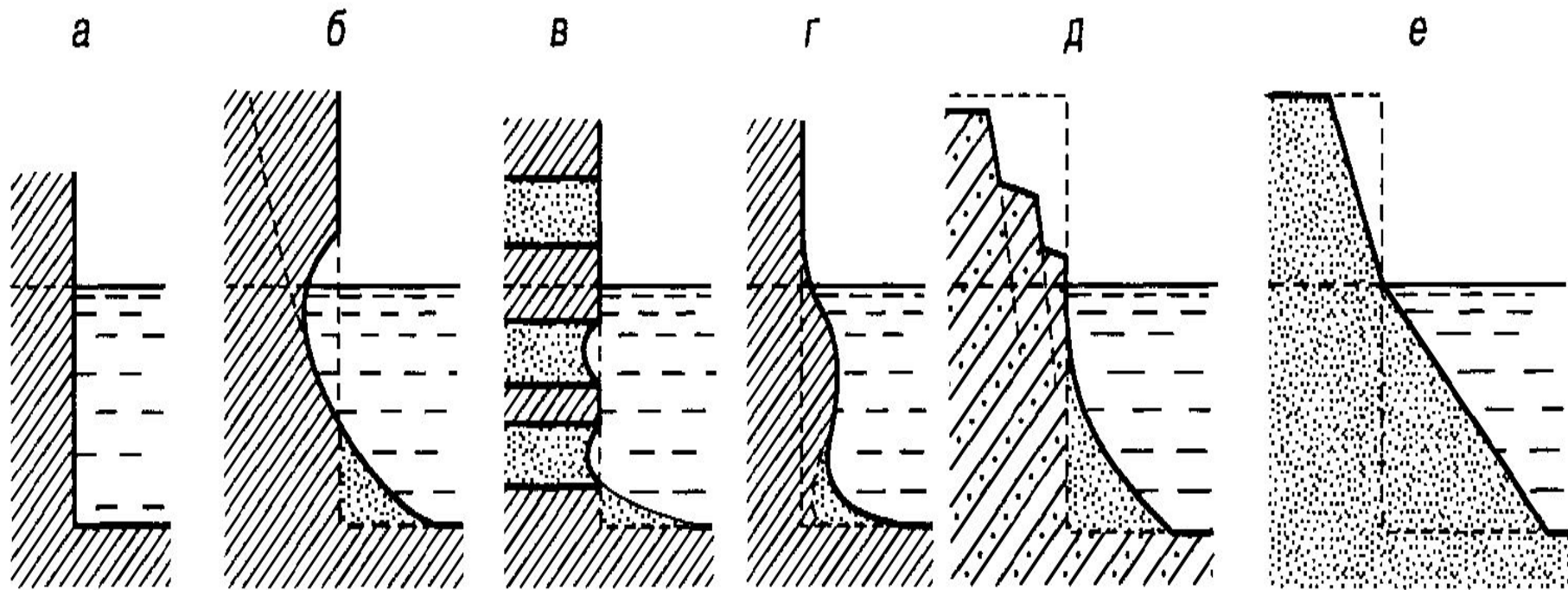


Рис.11.48. Характер размокания различных грунтов в стенках выработок
(по В.А.Королеву, 1984):

a — неразмокающий грунт; *б* — образование вывалов и оплывин в размокающем грунте; *в* — избирательное размокание грунтов в слоистых толщах; *г* — размокание с набуханием; *д* — размокание, просадка и оплывание лёссов; *е* — размокание и оплывание песков

Размягчаемость грунтов

- способность скальных грунтов снижать свою прочность при взаимодействии с водой

• Показатель – коэффициент размягчаемости

$$k_{\text{sof}} = \frac{R_{\text{сжw}}}{R_{\text{сж}}}$$

Чем выше k_{sof} , тем

По СНиП 2.0201-83:

$k_{\text{sof}} < 0,75$ – размягчаемые

$k_{\text{sof}} > 0,75$ - неразмягчаемые

Зависит от:

- Минерального состава
- Прочности структурных связей
- Трещиноватости, пористости

Изверженные невыветрелые $k_{\text{sof}} = 0,95-1,0$
Мергели, глинистые песчаники ($k_{\text{sof}} = 0,45$),
глинистые сланцы и др. – **сильно размяг.**
Карбонатные (известняки $k_{\text{sof}} = 0,15- 0,5$)
Кремнистые – **размяг.**

Размываемость – способность грунтов разрушаться под влиянием движущейся водой

3 вида (рис):

1. **Поверхностная** (движущаяся вода действует по касательной)
2. **Лобовая**, или волновая (движущаяся вода действует фронтально)
3. **Суффозионная** (вынос частиц из массива потоком подземных вод)

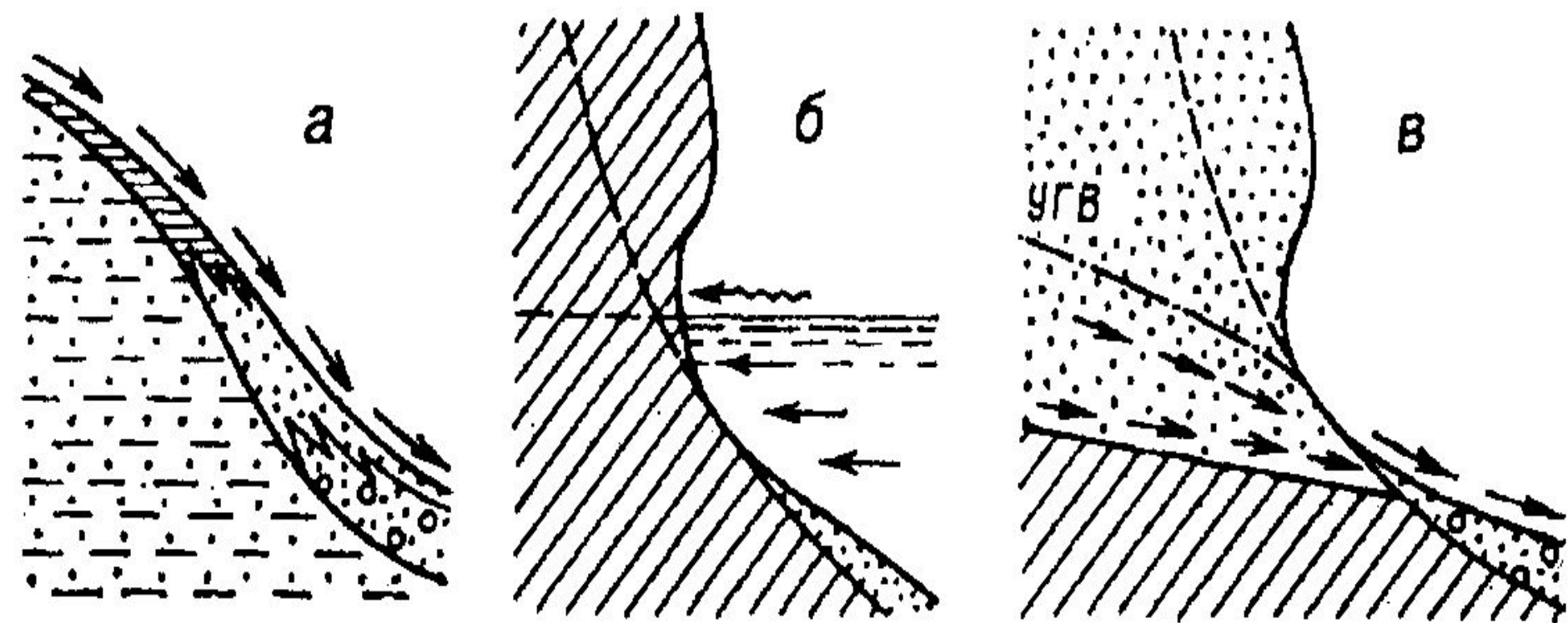


Рис. 11.50. Размываемость грунтов (по В.А.Королеву, 1984):

а — поверхностная; *б* — волновая; *в* — суффозионная

1. Поверхностная размываемость (размыв)

Показатели:

- Размывающая (критическая) скорость потока V_k

- Интенсивность размыва $I_p = \frac{\Delta h}{\Delta t}$

Δh – средняя толщина размыва

Δt – длительность размыва

- Интенсивность смыва $I_s = \frac{\Delta m}{\Delta t \cdot S}$

Δm – потеря массы смытых частиц

Δt - время размыва

S – площадь, на которой происходит смыв частиц

Поверхностная размываемость **зависит**

от:

- Минерального состава
- Дисперсности
- Структурных связей
- Пористости
- Влажности
- Скорости потока

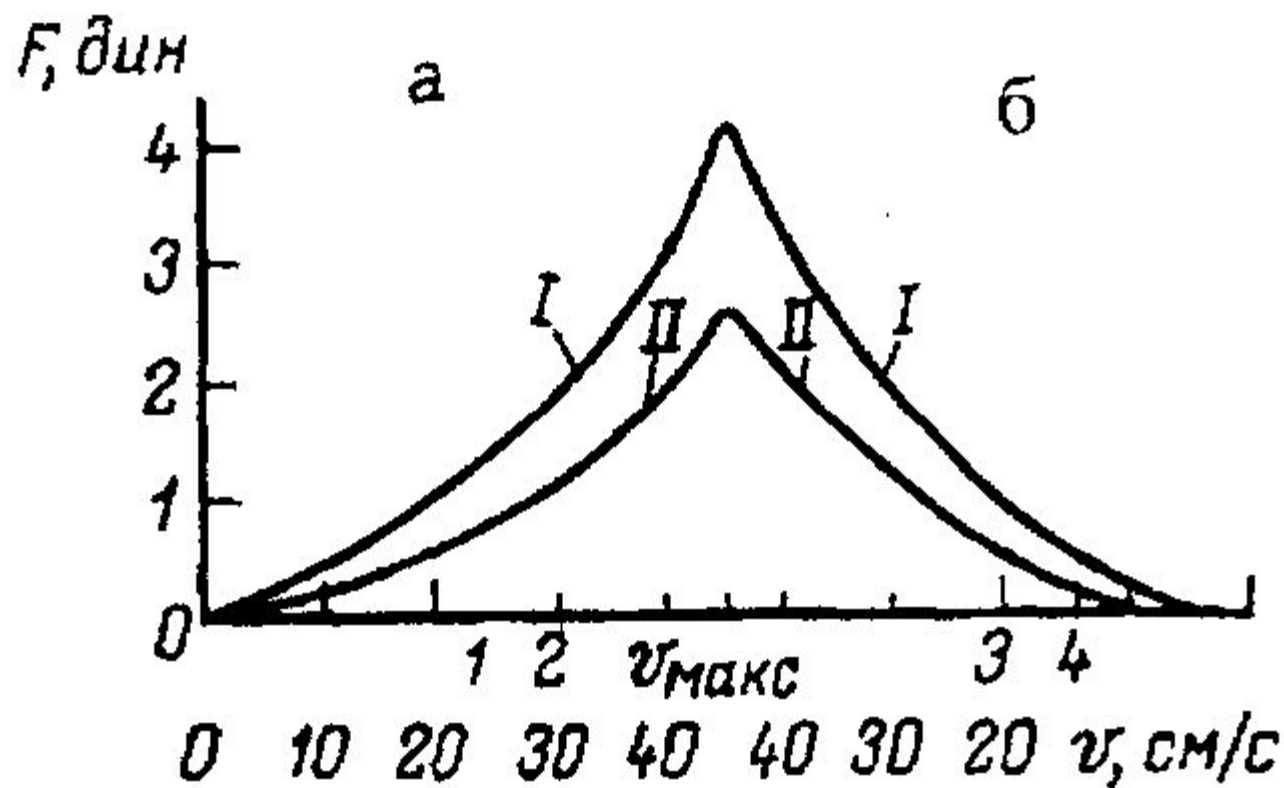


Рис. 11.52. Зависимость лобовой силы (I) и подъемной силы (II) от скорости водного потока (v). Точки 1—4 — критические скорости (по А.Д.Зимону, 1976)

Изменение неразмывающих скоростей для карбонатного суглинка с нарушенным и ненарушенным сложением в зависимости от влажности (по Т.Г. Жордания, 1957)

Нарушенная структура		Ненарушенная структура	
влажность, %	неразмывающая средняя скорость, м/с	влажность, %	неразмывающая средняя скорость, м/с
3—6	0,15	—	—
11—12	0,25	8—10	0,75
18—20	0,40	16—18	1,35
23—25	0,50	25—27	2,60

2. Лобовой (волновой) размыв

Показатель – коэффициент сопротивления пород волновому размыву – $K_c = \frac{\sum E_B}{V}$

$\sum E_B$ – суммарная энергия волн

V – объем размытого (удаленного) грунта

Лобовая размываемость зависит от:

- Минерального состава
- Дисперсности
- Структурных связей
- Пористости
- Влажности
- Энергии волн E_B
- Угла подхода волны к берегу α_B (при $\alpha_B = 90^\circ$ )
(при $\alpha_B \rightarrow 0^\circ$ )

Суффозионный размыв (фильтрационная водопрочность)

- **Условия суффозии:**

1. $\frac{D}{d} \geq 20$, где D – диаметр крупных частиц грунта,
 d – диаметр мелких частиц грунта

2. *Критическая размывающая скорость*

**Критические размывающие скорости в грунтах
(Грунтоведение, 2005)**

Диаметр частиц, мм	Критическая скорость, см/с	
	по Н.Н.Маслову	по Д.Джастину
5	—	22,1
3	—	17,3
1	10,0	9,85
0,8	—	8,83
0,5	7,0	6,97
0,1	3,0	3,05
0,08	—	2,79
0,05	2,0	2,19
0,03	—	1,74
0,01	0,50	0,98
0,005	0,12	—
0,001	0,02	—