

## 1. Произход, състав и строеж на строителните почви.

### 1.1. Произход на почвите.

Строителните почви са се образували в резултат на физичното, химичното и биогенно изветряване на скалите. Някои почви са образувани вследствие на отлагането на органични вещества (торф, тиня и др.), а така също техногенни отложения като резултат от човешката дейност. Резултат на физическото изветряване са главно несвързаните почви, а вследствие на химичното и биогенното изветряване се е образувала фино-дисперсната фракция на свързаните почви. Свойствата на строителните почви са се формирали както в процеса на тяхното образуване, така и под влияние на условията, при които те са съществували.

**Физичното изветряване** се предизвиква от температурните колебания, замръзването и размръзването на водата в пукнатините на скалите, периодичното изменение на водното съдържание и кристализацията на солите в пукнатините. Обемните изменения на минералите вследствие на температурните колебания предизвикват напрежения, които водят до разрушаване на структурните връзки и напукване на скалите. Промяната на водното съдържание в скалите, съдържащи глинести минерали, предизвиква тяхното разуплътняване. Кристализацията на солите в пукнатините в повечето случаи води до увеличаването им подобно на действието на замръзналата вода. Физичното изветряване засяга най-горната част от земната кора и обикновено достига до 10 - 15 m дълбочина.

**Химичното изветряване** представлява химично взаимодействие на скалообразуващите минерали с водата и съдържащите се в нея газове и соли. При това се получават вторични (глинести) минерали - *каолинит, илит и монтморилинит и др.*

**Биогенното изветряване** се дължи на дейността на животните и растенията в земната кора. Този вид изветряване има физичен и химичен характер. Скалите се раздробяват от роващите животни и от развитието на коренната система на растенията, а отделяните от мъховете, лишейте и бактериите киселини предизвикват изменение на химичния им състав.

При изветряването, получените продукти имат значително по-ниски якостни характеристики отколкото изходните. Голяма част от изветрелите продукти не остават на мястото си, а се пренасят от повърхностните и подземните води, ледниците, вятъра и гравитационните сили на големи разстояния.

По своя произход почвите като дисперсни среди се подразделят, както следва:

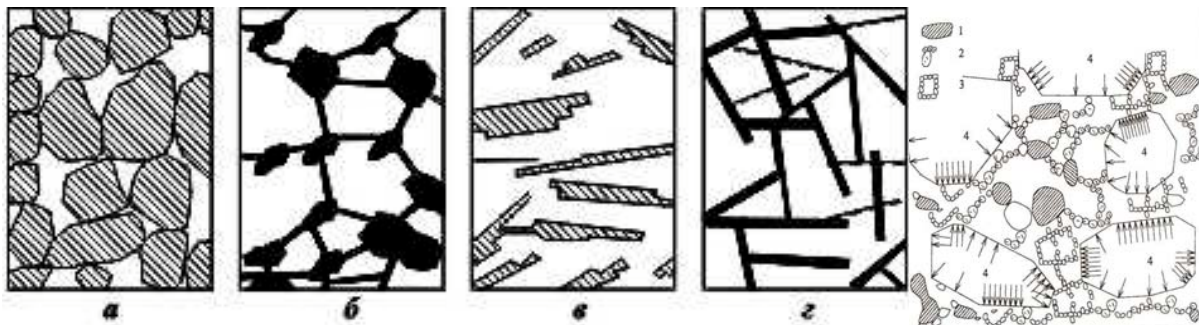
#### а) **Континентални наслаги**, които включват:

- **Елувиални наслаги.** Това са продукти от изветряването на скалите, които са останали на място на образуването им. Съставени са от пясъчливи глинени и ръбести скални късове. Мощността на елувия е от сантиметри до 50m. Тези почви притежават неравномерна деформируемост и често не са подходящи за фундаране.
- **Делувиални наслаги.** Това са материалите получени от преместването и отлагането на изветрелите продукти по склоновете и в подножията им под действието на гравитационните сили и валежите. Делувиалните наслаги са изградени от разнороден ръбест и наслоен рохкав материал или от пясъчливи и прахови глинени, които съдържат незаоблени скални късове често неуплътнени.
- **Алувиални наслаги.** Това са наслагите на реките. Те образуват почвените пластове разположени в речните корита, речните тераси и долините. Представени са от пластове пясъчливи и глинести почви, а така също и от чакъли, пясъци, тини и глинени понякога с органични примеси.
- **Пролувиални** се наричат наслагите на временните потоци. Изградени са от несортирани ръбести камъни, чакъл, пясък и пясъчлива глина.
- **Еолични наслаги.** Представени са от натрупвания на продукти, пренесени от вятъра. В тази група са льосовите почви, пясъчни дюни, бархани и други.
- **Езерните утайки** се делят на пресноводни и соленоводни. Пресноводните утайки са представени от ясно напластени чакъли, брекчии, пясъци и глинени. В горната част на езерните наслаги обикновено са разположени пластове торф с различна дебелина. В съвременните езера често се срещат слаби, неуплътнени тини и тинести пясъци с увеличено съдържание на органични вещества. Утайките на солените езера обикновено са гипс и каменна сол.

**б) Морски наслаги.** Те се разделят на съвременни и древни. Съвременните морски наслаги, предвид начина на тяхното образуване, обикновено са представени от рохкави несвързани почви - пясъци и чакъли, и глинести почви с висока дисперсност. Древните морски наслаги се различават от съвременните с наличието на твърди структурни връзки и повишена циментираност (здравни плътни глинени, уплътнени чакъли и пясъци).

### Структура и текстура на дисперсните почви.

**Структурата** на почвите се определя от взаимното разположение на отделните минерални частици, тяхната форма, големина, характера на повърхността им и връзките между тях. Тя се формира в процеса на отлагането им и зависи от свойствата на минералните частици и на средата, в която се е образувала почвата. При строителните почви са характерни следните видове структури: *зърнеста, клетъчна, дисперсна, мрежеста и сложна нееднородна*.



Фиг.1.1. Основни видове структури на почвите.

*а - зърнеста; б - клетъчна; в - дисперсна;*

*г - мрежеста; д - сложна.*

*Зърнестата структура* (фиг.1.1,а) е характерна за несвързаните почви. Взаимното разположение на твърдите частици зависи от условията на отлагане и може да варира от рехко до сбито състояние.

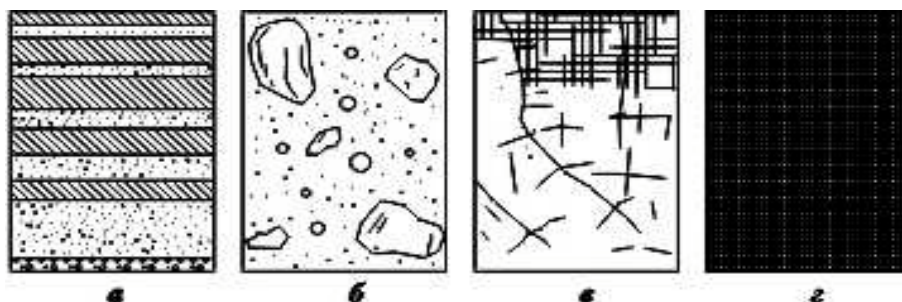
*Клетъчна структура* (фиг.1.1.б) се създава при отлагане на глинестите частици, които се свързват по между си в резултат на електростатични сили. Тази структура се характеризира с голяма порестост и еластичен скелет. Клетъчна структура се наблюдава главно в началния стадий на формиране на утайките.

*Дисперсната структура* (фиг.1.1,в) се получава от клетъчната в резултат на естествени изветрителни процеси или механични въздействия. Характеризира се с успоредно разположение на пластинките на глинестите частици, при което почти липсва непосредствен контакт между твърдите частици. Дисперсната структура преобладава в напредналите стадии на образуването на глинести почви.

*Мрежеста структура* (фиг.1.1,г) е характерна за глини с удължени (пръчковидни и иглести) минерали. При нея контактът в краищата на частиците се създава чрез свързаната с тях вода. Почви с такава структура имат голяма порестост и увеличена водопропускливост.

*Сложна нееднородна структура* (фиг.1.1.д.) имат почвите, образувани при едно-временното утаяване на глинени, прахови и пясъчни частици. В този случай глинестите частици могат да образуват колоидни обвивки, които създават свързаност между тях.

**Текстурата** е съвкупност от признаци характеризиращи външния вид на почвата и нейния строеж. Различават се следните основни текстури: *слоеста, порфирна, блокова и плътна* (фиг.1.2).



Фиг.1.2. Основни видове текстури на почвите.

*а - слоеста; б - порфирна; в - блокова; г - плътна*

*Слоестата текстура* е най-широко разпространена. Тя е характерна за морските, езерните, алувиалните, ледниковите и други наслаги. Наличието на пластове определя анизотропност на деформационните и якостните свойства на почвите.

*Порфирната текстура* е характерна за разнорънестите почви. При почви с такава текстура едрорънестите материали са раз-положени сред дребнорънестите, от които основно зависят свойствата на почвата.

*Блоквата текстура* обикновено се среща при засолени, замръзвали и изветрели глинести почви с голяма дебелина. Тази текстура обуславя блоково напукване на почвата. Обикновено пукнатините са запълнени с разтворими соли, глинести частици и др.

*Плътната текстура* е характерна за дебели пластове плътни докватернерни глинени.

## 1.2. Съставни елементи на почвите. Класификация според зърнометричен състав

Изветрителните процеси в земната кора водят до образуването на почвени частици с най-различна големина - от десетки сантиметри до части от микрон. При взаимодействието на тези частици с водата и газовете се създават многофазни дисперсни системи. Обикновено почвата е изградена от три основни компоненти наречени фази: *твърда* (минералните и органични частици изграждащи почвения скелет), *течна* (вода в различно състояние) и *газообразна*.

**Твърда фаза.** Тя представлява твърди минерални частици разнообразни по форма и големина (от няколко сантиметри до най-малките частици от колоиден порядък, т.е. по-малки от микрон). Минералният състав има важно значение за оценка свойствата на почвените частици.

За сега са известни повече от 3000 вида минерали образувачи почвените частици. По-важно значение за свойствата на почвите имат минералите: силикати, слюди, калцит, гипс и други, наречени още *първични минерали*. Те оказват влияние върху свойствата на несвързаните почви.

Към глинестите минерали спадат:

- *каолинит* - сравнително устойчив минерал; при овлажняване, кристалинната му решетка се променя;
- *монтморилонит* - характеризира се с по-голяма подвижност и по-голяма степен на раздробеност; при овлажняване кристалинната му решетка променя свойствата си, става силно подвижна (набъбване, вискозност, загуба на носеща способност);
- *илит* - притежава междинни свойства между каолинит и монтморилонит; кристалинната му решетка прилича на последния, но е по-устойчива.

В състава на почвата, заедно с посочените минерали се срещат и редица други съединения като прости окиси и хидрати на алуминия и желязото, хидрати на силиция и други. Глините са смес от тези минерали, затова физико-механичните им свойства зависят от количествения им състав в цялостния почвен масив.

*Формата и размерите на твърдите минерални частици* оказват влияние върху строителните свойства на почвите. Те зависят от начина на тяхното отлагане. Например:

- едрите чакълести и пясъчни кварцови зърна имат ръбеста и многостепенна форма;
- чакълите от гнайси, слюдени шисти и други имат плочеста форма;
- пясъците обогатени от слюда имат люспеста форма на зърната;
- праховите частици могат да бъдат с ръбеста и пластинкова форма.

В зависимост от едрината почвените частици се разделят на групи наречени *фракции*. Между минералния и зърнометричния състав съществува определена зависимост, която е по-силно изразена с увеличаване дисперността на почвите. В този смисъл, твърдата фаза може да се разгледа в две основни фракции: *грубо-дисперсна*, с размер на частиците по-големи от 0.005mm и *фино-дисперсна*, с частици по-малки от 0.005mm.

*Грубо-дисперсната фракция* е поли-дисперсна и поли-минерална. Частиците с размери по-големи от 2mm обикновено са поли-минерални от ефузивни, утаечни и метаморфни скали, а частиците по-малки от 2mm са минерални зърна от по-устойчиви на изветряване минерали.

*Фино-дисперсната фракция* се състои главно от вторични минерали, образувани в резултат от химичното изветряване на скалите. Към тази група се отнасят глинестите минерали - каолинит, илит и монтморилонит. Освен тях, във фино-дисперсната фракция се включват и някои първични минерали (кварц, слюда, хлориди и др.), по-устойчиви на химично изветряване.

**Течна фаза.** Течната фаза запълва празнините на почвата и представлява вода в различно състояние или воден разтвор. В зависимост от агрегатното ѝ състояние водата оказва в различна

степен влияние върху свойствата на почвата. В природните почви (освен кристализационната и химично свързаната вода) водата запълваща почвените пори се намира в следното състояние:

*Вода в твърдо състояние (лед).* Тя се среща при отрицателни температури във вид на ледени кристали или ледени прослойки и лещи. Ледените кристали променят структурата на дисперсните почви и формират среда, чиито свойства коренно се различават от тези на обикновените почви. По тази причина почвите, които се намират в райони с постоянни отрицателни температури са предмет на изучаване в т.н. механика на замръзналите почви.

*Водни пари.* Те изпълват свободните празнини на почвата и се придвижват от областите с повишено налягане към тези с понижено налягане. Въпреки малкото им количество (под 0.001% от теглото на почвата) те играят важна роля в случаите, когато при наличие на разлика в температурите на терена се създават условия за кондензация на мигрирали водни пари.

*Свързана вода.* Значителна част от водата се намира в свързано състояние, разположена на повърхността на твърдите минерални частици. Това означава, че нейното количество зависи от специфичната повърхност на частиците и съответно от минералния им състав. Свързаната вода се дели на *здро̀во свързана, слабо свързана и капилярна.*

*Здро̀во свързаната вода* (наричана още "хигроскопична", "абсорбционна", "физично свързана", "молекулно свързана") е свързана непосредствено с повърхността на минералите, като участва в кристалинната им решетка или е свързана с йоните на абсорбционния им слой. Максималното количество здраво свързана вода за различните видове почви е: за пясъци около 1%, за прах до 7%, а за глини до 17% от теглото на твърдата фаза.

*Слабо свързаната вода* наричана още ципеста или осмотична е водата свързана с катионите на дифузията на частиците. Тя не може да се движи гравитационно, но в резултат на молекулярните сили може да се премества от една частица към друга. Максималното количество вода, което може да се за държи на повърхността на частиците се нарича *максимална молекулна влагоемкост*. Част от свързаната вода придава пластични свойства на глинестите почви.

*Капилярната вода* изпълва отчасти или изцяло порите между частиците в капилярната зона. Тя може да бъде свързана или свободна. Свързаната капилярна вода, или така наречената "вода в ъглите на порите" е изолирана. Такъв вид вода е характерна за едрозърнестите пясъци. Свободната капилярна вода изпълва изцяло порите в капилярната зона. Тя се среща в състояние на издигната или увиснала вода. Издигнатата вода е свързана с нивото на гравитационните води и се подхранва от тях. Увисналата капилярна вода не е свързана с нивото на гравитационните води и лежи между него и капилярната зона.

*Свободна (гравитационна)* се нарича водата, която се движи в пукнатините под действието на гравитационните сили. При едрозърнестите почви тя преобладава, а в глинестите почви е в по-малко количество или въобще липсва. Нейното влияние върху свойствата на строителните почви е съществено, което ще бъде разгледано в следващите лекции.

*Газообразна фаза.* Газовете в почвените пори са от въздушен, биохимичен и химичен произход. Газовете запълват незаетите от течната фаза празнини в почвата, като могат да бъдат свободно свързани с атмосферата или да са във вид на газови мехурчета в течността, а така също и разтворен в нея.

В зависимост от степента на насищане на почвените пори с течност, от гледна точка на земната механика почвата може да се разглежда като: *еднофазна система* (абсолютно суха почва), *двуфазна система* (напълно водонаситена почва) и *трифазна система* (частично водонаситена почва). Всяка от трите системи формира различно напрегнато и деформирано състояние при действието на повърхностни и обемни сили

### ***Зърнометричен състав.***

Важно значение за строителните свойства на почвите има размерът на частиците съдържащи се в определен обем почва, т.е. техният *зърнометричен състав*. Това е количественото съотношение на твърдите минерални частици, групирани според едрината на зърната, изразено в проценти от масата на изследваното сухо количество почва. Тези групи се наричат *фракции*. Зърнометричният състав може да бъде определян чрез пресяване (за частици с диаметър  $d > 0.1$  mm) и чрез свободно утаяване на частици във водна суспензия - ареометров анализ.

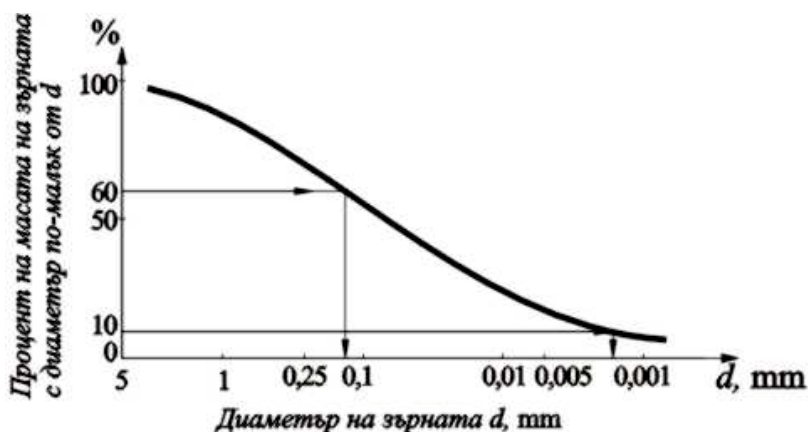
В зависимост от вида на почвите се извършва т.н. сух пресебен анализ (при несвързани почви, като се използват сита с диаметър от 125 mm до 0,1 mm) или воден пресебен анализ (при наличие на слепени зърна). Само ареометров се извършва при условие, че зърната с  $d < 0.1$  mm са повече от 90%. При условие, че зърната с  $d < 0.1$  mm са повече от 10%, се извършва комбиниран анализ (пресебен и ареометров).

Таблица 1. Фракции и подфракции на зърната.

Основни фракции	Диаметър на зърната, mm	Подфракции	Диаметър на зърната, mm
Валуни	>200	-	-
Чакъл	200 - 2	едър среден дребен	200 - 20 20 - 5 5 - 2
Пясък	2 - 0.1	едър среден дребен	2 - 0.5 0.5 - 0.25 0.25 - 0.1
Прах	0.1 - 0.005	едър ситен	0.1 - 0.01 0.01-0.005
Глина	<0.005	едра колоидна	0.005-0.001 < 0.001

Съгласно БДС за почвите са утвърдени пет основни фракции, всяка с 2-3 подфракции дадени в табл.1.

Зърнометричният състав се изразява числено чрез процентите на различните по големина зърна или графично чрез зърнометричната линия (фиг.1.3). Тя представлява сумарната крива, получена, като диаметрите на зърната са нанесени по абсцисата в логаритмичен мащаб, а масовите проценти на зърната, по-малки от съответния диаметър - по ординатата в аритметичен мащаб.



Фиг.1.3. Зърнометрична линия

От зърнометричната линия се отчитат количествата на различните видове фракции и се изчислява *коэффициентът на разноразмерност*

$$(1) \quad U = \frac{d_{60}}{d_{10}},$$

където:

$d_{60}$  е диаметърът на зърната при 60%;

$d_{10}$  - диаметърът на зърната при 10%, отчетени от съответната зърнометрична линия.

Според *коэффициента на разноразмерност* почвите са:

- равноразмерности при  $U \leq 5$ ;

-разноразмерности при  $U > 5$ .

От стойностите на  $U$  могат да се направят някои заключения за другите свойства на почвите, например равноразмерните почви са по-силно водопроникливи, разноразмерните са по-капилярни и пр.

## 2. Физични свойства на почвите.

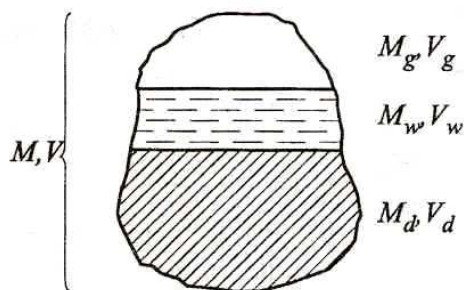
### 2.1. Плътност на почвите.

Понятието "плътност на почвите" обхваща редица характерни за дадена почва показатели - обемна и специфична плътност, относителни тегла и порестост, между които съществуват определени зависимости.

#### 2.1.1. Обемни плътности и относителни тегла.

В най-общият случай почвата е съставена от три фази: твърда, течна и газообразна. На фиг.4. мислено са отделени и означени обемите заети с трите фази. Съгласно приетите означения, **обемната плътност на почвата е масата в единица обем**, т.е.

$$(2) \quad \rho = \frac{M}{V}. \quad \text{Измерва се в g/cm}^3.$$



Фиг.1.4. Схематично представяне на трите фази в почвата.

$M$  - маса;  $V$  - обем.

**Обемната плътност в естествено (ненарушено) състояние** се бележи с  $\rho_n$ .

За определяне на обемната плътност на свързани почви в лабораторни условия, в зависимост от вида и състоянието им, се използват два метода: *с режещ пръстен* и *парафиниране*.

**Метод с режещ пръстен.** При този метод от почвения образец, с помощта на метален пръстен, се изрязва определен обем почва, равен на вътрешния обем  $V$  на пръстена, след което чрез претегляне се определя неговата маса  $M$ . Този метод се прилага за почви, които се обработват лесно с нож.

**Метод с парафиниране.** Прилага се за почви, които трудно се обработват с нож. Почвена проба с обем не по-малък от  $50 \text{ cm}^3$ , след загладяване на остриите ръбове се претегля. След това същата се потапя неколккратно в парафин. Чрез хидростатична везна, съгласно закона на Архимед се определя точния обем на пробата.

**Обемното тегло на почвата  $\gamma$**  се получава като обемната плътност  $\rho$  се умножи със земното ускорение  $g=9.81 \approx 10 \text{ m/s}^2$ .

$$(3) \quad \gamma = \rho \cdot g = \frac{M \cdot g}{V} = \frac{G}{V}.$$

където  $G$  е теглото на почвата в обема  $V$ . Обемното тегло се измерва в  $\text{kN/m}^3$ .

**Специфичната плътност  $\rho_s$**  се изразява с масата в единица плътен обем на почвата (без въздух и вода)

$$(4) \quad \rho_s = \frac{M_d}{V_d},$$

където  $M_d$  е масата на твърдата фаза в обем  $V_d$ . Специфичната плътност се определя в лабораторията от нарушени почвени проби. Масата се намира чрез претегляне на изсушени проби, а обемът ѝ - с пикнометър.

Числените стойности на специфичната плътност на почвите зависят от минералния им състав. Най-често тя варира между 2.65 и 2.75 g/cm<sup>3</sup>. Почви, които съдържат хумус и други органични вещества имат значително по-малка специфична плътност, а почви със съдържание на карбонати, желязо и тежки минерали - по-голяма. Приблизителни стойности на специфичната плътност на някои почви са посочени в таблица 2.

Таблица 2. Специфична плътност на някои почви

Почва	Специфична плътност, $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>
Пясък	2.60 - 2.65
Глинест пясък	2.65 - 2.70
Песъчлива глина	2.70 - 2.80
Глина	2.70 - 2.90
Льос	2.70 - 2.80
Хумус	1.25 - 1.40
Торф	1.50 - 1.80
Чернозем	2.35 - 2.85
Мергел	2.75 - 2.85
Почви с тежки минерали	3.00 - 3.10

**Обемната плътност на скелета  $\rho_d$** , е обемна плътност на почва, чиито пори мислено са запълнени с въздух. Съгласно означенията на фиг.1.4 тя се определя с израза:

$$(5) \quad \rho_d = \frac{M_d}{V},$$

където  $M_d$  е масата на твърдата фаза, получена чрез изсушаване на почвен образец с обем  $V$  (определен с режещ пръстен или парафиниране). Изсушаването се извършва в сушилня при температура 100-105<sup>0</sup>C, до получаване на постоянна маса.

Обемната плътност на несвързаните почви в лабораторни условия може да бъде определена в най-сбито и в най-рохко състояние. Едно и също количество проба заема в първия случай най-малък обем  $V_{min}$ , а в най-рохко състояние обемът е максимален  $V_{max}$ . Това означава, че обемната плътност в най-сбито състояние е

$$(6) \quad \rho_{d,max} = \frac{M_d}{V_{min}},$$

а обемната плътност в най-рохко състояние се определя с израза

$$(7) \quad \rho_{d,min} = \frac{M_d}{V_{max}}.$$

**Обемна плътност на водонаситена почва  $\rho_r$**  е обемната плътност при запълнени пори с вода:

$$(8) \quad \rho_r = \frac{M_d + (V - V_d)\rho_w}{V},$$

където  $\rho_w$  е специфичната плътност на водата (приема се 1.00 g/cm<sup>3</sup>). Останалите означения са както на фиг.1.4. Стойността ѝ се движи от 1.7 до 2.3 g/cm<sup>3</sup>.

Ориентировъчни стойности на обемната плътност на скелета са дадени в таблица 3.

Таблица 3. Обемна плътност и порестост на някои почви

Почва	Обемна плътност на влажна почва $\rho_n, \text{g/cm}^3$	Обемна плътност на скелета $\rho_d, \text{g/cm}^3$	Обем на порите $n, \%$	Коефициент на порите $e$
Чакъл	1,3 - 1,9	1,3 - 1,9	30 - 50	0,4 - 1,0
Пясък	1,2 - 2,1	1,2 - 2,0	25 - 55	0,3 - 1,2
Глинест пясък	1,3 - 2,1	1,3 - 2,0	25 - 50	0,3 - 1,0
Песъчлива глина	1,2 - 2,1	1,1 - 2,0	25 - 60	0,3 - 1,5
Глина	1,4 - 2,1	0,9 - 2,1	20 - 70	0,2 - 2,3
Лъос	1,3 - 1,9	1,1 - 1,7	40 - 60	0,7 - 1,5

**Обемните тегла** в естествено състояние  $\gamma_n$ , на скелета  $\gamma_d$ , на водонаситената почва  $\gamma_r$  и специфичното тегло  $\gamma_s$  се получават, като съответната обемна плътност се умножи със земното ускорение.

**Обемното тегло под вода** е обемното тегло на почва, която се намира под действието на водния подем. Съгласно фиг.1.4, като се вземе под внимание законът на Архимед, се получава:

$$(9) \quad \gamma' = \frac{G_d - V_d \gamma_w}{V}$$

### 2.1.2. Порестост.

Всички почви имат празнини - пори. Количественото им съдържание се изразява чрез два показателя - обем и коефициент на порите, които са във функционална връзка по между си.

**Обемът на порите (n)** е количеството на порите в единица обем. Съгласно фиг.1.4:

$$(10) \quad n = \frac{V - V_d}{V}$$

Обемът на порите често се изразява в проценти. Тогава дробта от формула (10) се умножава по 100.

За разлика от обема на порите **коефициентът на порите** е отношението между порите и обема на плътната маса:

$$(11) \quad e = \frac{V - V_d}{V_d}$$

Теоретично стойността на  $n$  може да бъде от 0 до 1.0, а  $e$  се намира в границите от 0 до  $\infty$ . В действителност стойностите на  $n$  и  $e$  са ограничени в по-тесни рамки. Средните им стойности са посочени в таблица 3. И двата показателя на порестостта се употребяват често за изчисляване на други характеристики на почвите.

### Класификация на пясъците по плътност.

Класификацията на пясъците по плътност обикновено се извършва според т.нар. *относителна плътност*  $I_D$ , която е дефинирана с израза



$$(12) \quad I_D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}},$$

където  $e$  - коефициентът на порите в естествено състояние, а  $e_{\max}$  и  $e_{\min}$  са коефициентите на порите съответно в най-рохкаво и в най-сбито състояние на пясъка.

В табл.4. е показана класификацията на плътността на пясъците по БДС.

**Таблица 4. Класификация на пясъците според относителната плътност**

Вид пясък	Относителна плътност
Рохък	0 - 1/3
Средно сбит	1/3 - 2/3
Сбит	2/3 - 1

## 2.2. Водни свойства на почвите.

Водата оказва изключително влияние върху строителните свойства на почвите. Прието е свойствата, които са свързани с количеството вода в почвата да се наричат водни свойства. В този параграф ще бъдат разгледани само някои от физичните характеристики - *водно съдържание, пластичност и консистенция.*

### 2.2.1. Водно съдържание.

Водното съдържание е основно свойство на почвите. То се дефинира като отношение на масата на водата, която се намира в почвените пори, към масата на твърдата фаза. Съгласно означенията на фиг.1.4 и обясненията по-горе

$$(13) \quad w = \frac{M_w}{M_d} = \frac{M - M_d}{M_d}.$$

Водното съдържание се определя в лаборатория чрез изсушаване на почвата (при 105<sup>0</sup>C). Съгласно (13)  $M$  е масата на влажната, а  $M_d$  - на изсушената проба. Водното съдържание се представя обикновено в проценти. Тогава дробта във формула (13) се умножава по 100.

Следва да се подчертае, че съгласно дадената дефиниция на водното съдържание, в земната механика масата на водата се отнася към плътната (сухата) маса, докато в химията и други дисциплини под влажност или влага се разбира отношението между масата на водата и масата на цялото вещество (включително и водата).

Водното съдържание на почвата в природни условия се нарича *естествено водно съдържание*  $w_n$ . То е един от основните физически показатели на почвата. Заедно с други показатели служи за обективна преценка на състоянието на дадена почва.

Естественото водно съдържание, особено за глините се движи в широки граници поради големия брой фактори, които влияят върху него: минерален и зърнометричен състав, дълбочина на която се намира почвата, температурен режим, почвени води и др. Различните глинени имат водно съдържание от 5 до 200% и повече. Средни стойности на естественото водно съдържание за някои видове почви са дадени в табл.5.

Както бе отбелязано, повърхността на минералните почвени частици е покрита със здраво свързана вода. Прието е в лабораторната практика количеството на тази вода да се изразява чрез т.нар. *хигроскопична влага*  $w_h$ . Тя се определя с израза:

$$(14) \quad w_h = \frac{M_h - M_d}{M_h}, \text{ където } M_h \text{ е масата на въздушно суха почва.}$$

Като към здраво свързаната вода се прибави и слабо свързаната вода получава се *максималната молекулярна влагоемкост*  $w_m$ , Определя с израза (15), като масата на влажната проба ( $\bar{M}$ ) се претегля след центрофугиране или пресоване.

$$(15) \quad w_m = \frac{\bar{M} - M_d}{M_d},$$

Ориентировъчни стойности на *хигроскопичната влага* и *максималната молекулярна влагоемкост* са дадени в табл.5.

**Таблица 5. Средни стойности за характерни водни съдържания на някои почви.**

Характеристики	Стойности за някои видове почви, в %				
	Пясък	Глинест пясък	Песъчл. глина	Глина	Льос
Естествено водно съдържание, $w_n$	2 - 8	10 - 25	10 - 40	10 - 60	13 - 22
Хигроскопична влага, $w_h$	1 - 3	1 - 5	2 - 8	2 - 10	1 - 6
Максимална молекулярна влага, $w_m$	1 - 5	5 - 15	15 - 25	25 - 45	12 - 16
Граница на свиване, $w_s$	-	12 - 20	8 - 15	5 - 10	15 - 17
Граница на източване, $w_p$	-	12 - 18	15 - 28	18 - 40	16 - 21
Граница на протичане, $w_L$	-	15 - 25	22 - 45	35 - 80	25 - 35

Когато порите на почвата са запълнени изцяло с вода, т.е. почвата е водонаситена, водното съдържание се нарича *максимално водно съдържание*  $w_r$ . То се определя най-често чрез изчисление. Отношението между естественото и максималното водно съдържание се нарича *степен на водонасищане*  $S_r$ .

$$(16) \quad S_r = \frac{w_n}{w_r}$$

Тя показва каква част от порите са заети с вода. Класификацията на почвите според степента на водонасищане, съгласно БДС е показана в табл. 6.

**Таблица 6. Класификация на почвите според степента на водонасищане.**

Почва	Степен на водонасищане $S_r$
Малко влажна	0.0 ÷ 0.5
Влажна	0.5 ÷ 0.8
Много влажна	0.8 ÷ 1.0
Водонаситена	1,0

### 2.2.2. Пластичност и консистенция.

С увеличаване на водното съдържание на всяка свързана почва тя става все по-мека и по-течна. Състоянието на почвата в зависимост от водното съдържание се нарича *консистенция*. Различават се: *твърда, полутвърда, пластична и течна консистенция*. Консистенцията се изменя в точно определени, специфични за всяка почва водни съдържания, наречени *граници на консистенция*. От установените от датчанина *Atterberg* шест граници на консистенция, като важни в земната механика са приети три: *граница на протичане, граница на източване и граница на свиване*. Тези граници се намират като се определя водното съдържание на нарушени почвени проби, изкуствено доведени до съответни гранични състояния (почвено тесто от почва пресята през сито с диаметър на отворите 1.0mm).

**Граница на протичане.**

Границата на протичане  $w_L$  е водното съдържание, при което почвата преминава от течна в пластична консистенция или обратно.

Според *Atterberg* границата на протичане е дефинирана като водно съдържание, при което бразда, широка 2mm, прекарана със стандартен браздач в почвеното тесто, се съедини на разстояние 1''(25.4mm), след като паничката в която се намира почвеното тесто, падне 25 пъти от височина 1cm. Съгласно БДС, границата на протичане е водното съдържание, при което конус с ъгъл при върха  $30^0$  потъва в почвеното тесто, под действието на собственото си тегло (маса 76g), 10mm за 5s. Ориентировъчни стойности за границата на протичане са дадени в табл.5.

**Граница на източване.**

Границата на източване  $w_p$  е водното съдържание на границата между пластичната и полутвърдата консистенция. При това водно съдържание почвата става трошлива. Името си този показател е получил у нас от начина на определянето му съгласно БДС. Лабораторно се дефинира като водно съдържание, при което почвеното тесто, източено (разточено) във вид на пръчици с дебелина 3mm, започва да се рони. Средни стойности на границата на източване са дадени в табл. 5.

**Граница на свиване.**

Когато свързана почва изсъхва, тя се свива вследствие нарастване на капилярните сили и намаляване на обема на порите. Границата на свиване  $w_s$  е водното съдържание на почвата, при което тя практически не се свива повече. Тя е на границата между твърдата и полутвърдата консистенция и се получава по изчисление с израза

$$(17) \quad w_s = \left( \frac{1}{\rho_{d0}} - \frac{1}{\rho_s} \right) \rho_w,$$

където  $\rho_{d0}$  е обемната плътност на изсушена (при  $100-105^0$ ) почва.

**Показател на пластичност.**

Когато стойността на водното съдържание на почва е между границата на източване и границата на протичане, тя може да се меси и вае, т.е. тя е *пластична*. Това означава, че тя може да променя формата си под действието на външни сили, без да променя обема си, и да запази получената при деформирането нова форма след прекратяване действието на тези сили.

Обсегът (разликата в стойностите) между границата на протичане и границата на източване се нарича *показател на пластичност*

$$(18) \quad I_p = w_L - w_p.$$

Колкото показателя на пластичност  $I_p$  е по-голям, толкова почвата е по-пластична. Ето защо той се използва като най-важен показател за класификация на строителните почви. Съгласно БДС почва с  $I_p < 1\%$  се смята за несвързана, а с  $I_p \geq 1\%$  – свързана. В табл.7. е показана класификацията на свързаните почви в зависимост от показателя на пластичност.

**Консистенция на свързаните почви.**

Съгласно дефинициите за консистентни граници, в зависимост от водното съдържание различаваме *твърда, полутвърда, пластична и течна консистенция*. При голяма част от свързаните почви интервалът на пластичност (между границите на протичане и границите на източване) е доста голям. Поради това интервалът на пластичност се разделя на още четири равни части - четвъртинки от пластичността. Според това, в коя от четвъртинките попада водното съдържание, консистенцията се нарича (по възходящ ред) *твърдо-пластична, средно-пластична, меко-пластична и течно-пластична*.

Таблица 7. Класификация на свързаните почви според показателя на пластичност.

Почва	Показател на пластичност $I_p, \%$
Глинен пясък	1 - 7
Песъчлива глина	7 - 17
Глина	>17



Фиг.1.5. Консистенция на почвите

Класификацията на свързаните почви според консистенцията се онагледява лесно, ако върху ос за водното съдържание в произволно избран мащаб се нанесат консистентните граници както е показано на фиг.1.5. Достатъчно е да се нанесе водното съдържание което има почвата в момента, върху същата ос и ще се получи консистенцията ѝ. Ако се нанесе естественото водно съдържание  $w_n$ , получава се консистенцията в естествено състояние. При нанасяне на максималното водно съдържание  $w_r$  се определя най-лошата консистенция, до която може да достигне почвата при пълно водонасищане, ако има условия за това.

Консистенцията е много важно строително свойство на почвите. Колкото една почва е в по-твърда консистенция, толкова е по-голяма е нейната носеща способност по-малка е деформируемостта ѝ. В нормативните документи, консистенцията се изразява количествено. Съгласно БДС консистенцията се изразява чрез *показателя на консистенция*

$$(19) \quad I_c = \frac{w_L - w}{I_p}$$

В някои страни се използва *коэффициентът на консистенция*

$$(20) \quad I_L = \frac{w - w_p}{I_p}$$

Между двете величини съществува зависимостта  $I_c + I_L = 1$ . Класификацията на появите според двата показателя е дадена в табл.8.

Таблица 8.Класификация на свързаните почви според консистенцията.

Консистенция	Показател на консистенция $I_c$	Коефициент на консистенция $I_L$
Течна	< 0.00	> 1.00
Течно-пластична	0.00 ÷ 0.25	0.75 ÷ 1.00
Меко-пластична	0.25 ÷ 0.50	0.50 ÷ 0.75
Средно-пластична	0.50 ÷ 0.75	0.25 ÷ 0.50
Твърдо-пластична	0.75 ÷ 1.00	0.00 ÷ 0.25
Полутвърда и твърда	> 1.00	< 0.00

### 2.3. Зависимост между показателите на плътност и водното съдържание.

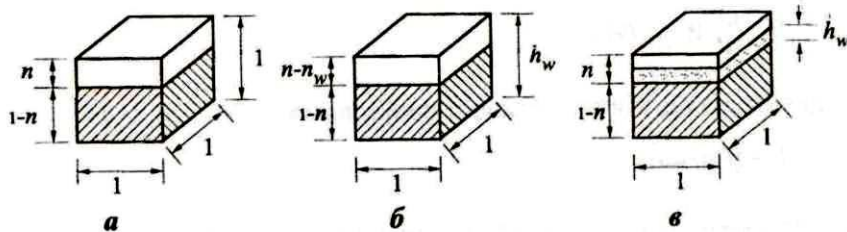
Ако си представим кубче от почвата с обем единица, при което плътната маса е събрана в долната част, а порите заемат горната част (фиг.1.6), съгласно дадената по-горе дефиниция  $n$  представлява обем на порите, а  $(1-n)$  - обемът на плътната маса. Тогава между обема и коефициента на порите съществува следната зависимост:

$$(21) \quad e = \frac{n}{1-n}.$$

От тук обемът на порите може да се изрази чрез:

$$(22) \quad n = \frac{e}{1+e}.$$

Като използваме фиг.1.6 можем да получим други зависимости между показателите на плътността и водното съдържание. Тези зависимости са различни за различно състояние на почвата.



Фиг.1.6. Схема на представяне на фазите в единица обем.

*а* - еднофазна система; *б* - двуфазна система; *в* - трифазна система.

**Еднофазна система.** Представяме си, че порите не съдържат вода. Тогава масата на кубчето се равнява на неговия плътен обем  $(1-n)$ , умножен със специфичната плътност. От друга страна, понеже разглеждаме единица обем, масата на кубчето е неговата обемна плътност на скелета, т.е.

$$(23) \quad \rho_d = (1-n)\rho_s, \text{ респ., } \gamma_d = (1-n)\gamma_s.$$

Същата формула може да бъде използвана за определяне на обема на порите

$$(24) \quad n = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s}, \text{ респ., } n = 1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_s}.$$

**Двуфазна система.** Всички пори са запълнени с вода. Тогава, ако към плътната маса се прибави масата на водата, която се намира в порите се получава обемната плътност на водонаситената почва, т.е.

$$\rho_T = \rho_d + n\rho_w, \text{ респ., } \gamma_T = \gamma_d + n\gamma_w$$

или

$$(25) \quad \rho_T = (1-n)\rho_s + n\rho_w, \text{ респ., } \gamma_T = (1-n)\gamma_s + n\gamma_w.$$

Ако се използва законът на *Архимед*, и се изчисли теглото под вода на същото кубче с обем единица, ще се получи зависимост за обемното тегло под вода:

$$\gamma' = \gamma_t - \tilde{1} \gamma_w = (1-n)\gamma_s + n\gamma_w - 1 \cdot \gamma_w = (1-n)\gamma_s - (1-n)\gamma_w,$$

или

$$(26) \quad \gamma' = (1-n)(\gamma_s - \gamma_w).$$

Съгласно дефиницията за водно съдържание, при запълнени пори с вода, за максималното водно съдържание получаваме:

$$(27) \quad w_r = \frac{n \cdot \rho_w}{(1-n)\rho_s} = \frac{e \cdot \rho_w}{\rho_s},$$

или

$$(28) \quad e = w_r \frac{\rho_s}{\rho_w}, \text{ респ., } e = w_r \frac{\gamma_s}{\gamma_w}.$$

**Трифазна система.** Единица обем от почвата, на която порите частично са запълнени с вода, е представена на фиг.1.7в. Ако означим с  $n_w$  обемът на порите заети с вода, то съгласно дефиницията за водното съдържание получаваме

$$w = \frac{n_w \cdot \rho_w}{(1-n)\rho_s}, \text{ или } n_w = w(1-n) \frac{\rho_s}{\rho_w}.$$

Тогава масата на цялото кубче, т.е. обемната плътност на влажната почва се получава с израза

$$\rho_n = \rho_d + n_w \rho_w = (1-n)\rho_s + w(1-n)\rho_s,$$

или

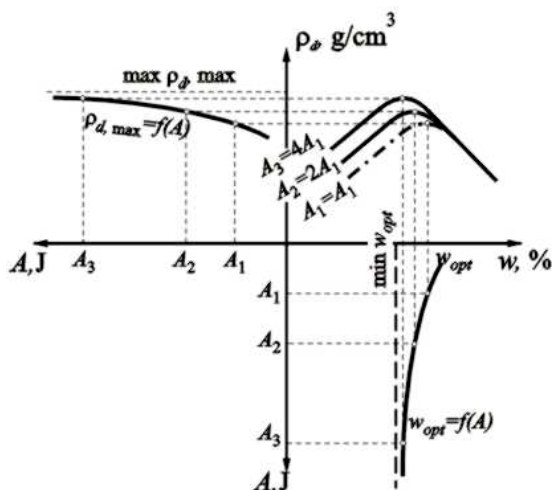
$$(29) \quad \rho_n = (1-n)\rho_s(1+w), \text{ респ., } \gamma_n = (1-n)\gamma_s(1+w).$$

#### 2.4. Оптимално водно съдържание и стандартна плътност.

При изграждане на земни насипни съоръжения, от голямо значение е те да бъдат добре уплътнени. За степента на уплътняване, освен зърнометричния състав и уплътняващата работа, решаващо значение има и водното съдържание на почвата. Най-добро уплътняване се получава при точно определено водно съдържание. То се нарича оптимално водно съдържание  $w_{opt}$ , а съответното уплътняване - максимално уплътняване.

Прието е максималното уплътняване да се изразява чрез обемната плътност на скелета  $\rho_{d,max}$ . По-малко водно съдържание от  $w_{opt}$  не е достатъчно да се прояви смазващото действие на водата, а при по-голямо - водата запълва почвените пори и понеже е практически несвиваема пречи на понататъшното уплътняване. Това твърдение най-добре проличава като се проследи зависимостта между водно съдържание и плътност на фиг.1.7, първи квадрант. Например кривата  $A_1$  има максимална стойност на  $\rho_{d,max}$  при точно определено водно съдържание  $w_{opt}$ . На същата фигура личи, че с увеличаване на уплътняващата работа, оптималното водно съдържание намалява асимптотично, като се доближава до минималната стойност  $\min w_{opt}$  (четвърти квадрант), а самата плътност се увеличава по същия начин, като се стреми към максимално възможната плътност  $\max \rho_{d,max}$  (втори квадрант).

В практиката, обикновено се построява само една от кривите в първи квадрант. За целта се уплътняват най-малко 5 нарушени (раздробени) почвени проби. Уплътнява се чрез трамбуване в стоманен цилиндричен съд. При всеки опит се изменя водното съдържание. Резултатът от опита се нанася в първи квадрант. Чрез свързване на точките получени при еднакъв брой на ударите на трамбовката, получават се кривите  $\rho_d = f(w)$ .



Фиг.1.7. Зависимост между оптимално водно съдържание, максимална плътност и уплътняваща работа

Така получените резултати са необходими за правилното проектиране и изграждане на насипи. Въз основа на лабораторните резултати са предписват изискваната плътност и технологията на насипването и уплътняването.

## 2.5. Класификация на строителните почви.

Според БДС 676-75 строителните почви се делят на *скални, несвързани, свързани и особени*. Скалите са споени или циментирани образувания на земната кора. Конкретната им класификация е съобразена с петрографския им състав и е разгледана в учебника по инженерна геология. Несвързаните, свързаните и особените почви са раздробени (дисперсни) почви. Несвързаните се различават от свързаните почви по съдържанието на глинестата фракция ( $<0.005\text{mm}$ ), която при първите е по-малко, а при свързаните повече от 3%. Класификацията на свързаните почви според показателя на пластичност е дадена в табл.7. Независимо от класификацията в табл.7, съгласно БДС 676-75, като несвързани почви се дефинират почвите със съдържание по маса повече от 90% фракции с диаметър  $d > 0,1\text{mm}$ ; или повече от 50% фракции с диаметър  $d > 2,0\text{mm}$  и повече от 80% фракции с диаметър  $d > 0,1\text{mm}$ .

Според съдържанието на чакълена фракция ( $>2\text{mm}$ ) *несвързаните почви* са: *чакъл* - с повече от 50%, и *пясъци* с по-малко от 50% чакълена фракция.

В зависимост от преобладаващата подфракция (вж. Табл.1) *чакълът* е *едър, среден, и дребен*. Когато сумата от праховата и глинестата фракция ( $<0.1 \text{ mm}$ ) е повече от 20% той се нарича *глинест чакъл*.

Таблица 9. Класификация на свързаните почви по зърнометричен състав.

Наименование на почвата	Съдържание на глина ( $< 0.005\text{mm}$ ), % по маса
Пясък (несвързана почва)	$< 3$
Глинест пясък	$3 \div 10$
Песъчлива глина	$10 \div 30$
Глина	$> 30$

По аналогичен начин *пясъкът* бива *едър, среден и дребен*. Когато съдържа повече от 25% чакъл, се нарича *чакълест пясък*, а при повече от 20% глинена и прахова фракция - *фин пясък*.

Класификацията на свързаните почви според зърнометричния им състав се базира на съдържанието на глинена фракция и е посочена в табл.9. За пълнота в таблицата е включена и несвързана почва. Когато количеството на праховата фракция превишава това на фракциите с размери на зърната над 0.1mm, към названията в табл.9 се прибавя прилагателното *прахов*: *прахов пясък, прахов глинест пясък, прахова пясъчлива глина и прахова глина*.

Към *особените почви* се отнасят макропорестите, органичните, засолените, набъбващите и изкуствените почви.

*Макропорести почви* са *лъосът и лъосовидните почви*. За лъоса е характерно голямото съдържание на прахова фракция - до 70-80%. Количеството на пясъчната фракция обикновено не надвишава 10%, а на глинена - 10-15%. Лъосът е с макропори, т.е. едри пори, видими с "просто око". Общият обем на порите в лъоса е обикновено между 45 и 60%. В сухо състояние (водно съдържание под 5-10%) лъосовите почви се характеризират с високи якостни показатели (задържат вертикален откос) но при намокряне и натоварване те рязко слягат. Това свойство на лъоса се нарича *пропадане*.

*Органичните почви* съдържат органични вещества повече от 5%. Към тях се отнасят торфът, растителните почви и тините с органични вещества. За органичните почви, особено за торфа са характерни голяма хидрофилност и деформируемост.

*Засолените почви* съдържат повече от 5% водоразтворими соли. Засолените почви са с намалена водоустойчивост и благоприятствуват възникването на суфозия.

## ЛИТЕРАТУРА.

- 1.1. БДС 644-75. "Почви строителни. Метод за лабораторно определяне на водното съдържание".
- 1.2. БДС 645-75. "Почви строителни. Метод за лабораторно определяне на хигроскопичната влага".
- 1.3. БДС 646-75. "Почви строителни. Метод за лабораторно определяне на специфичната плътност".
- 1.4. БДС 647-75. "Почви строителни. Метод за лабораторно определяне на обемната плътност".
- 1.5. БДС 648-75. "Почви строителни. Метод за лабораторно определяне границата на източване".
- 1.6. БДС 649-75. "Почви строителни. Метод за лабораторно определяне границата на протичане".
- 1.7. БДС 676-75. "Почви строителни. Класификация".
- 1.8. БДС 2762-75. "Почви строителни. Метод за лабораторно определяне на зърнометричния състав".
- 1.9. БДС 3214-75. "Почви строителни. Метод за лабораторно определяне на стандартната плътност на свързани и несвързани почви".
- 1.10. БДС 8497-75. "Почви строителни. Метод за лабораторно определяне на водопронируемостта".
- 1.11. Балушев, Б. "Земна механика". С., Наука и изкуство, 1957.
- 1.12. Балушев, Б., и др. "Земна механика". С., ДИ "Техника", 1975.
- 1.13. Германов, Т. "Развитие и проблеми на геотехническото инженерство", Годишник на ВИАС т. XXXVI, св. IV, 1991-1992,
- 1.14. Косев, Н., Л. Маринова, К. Филипов. "Инженерна геология и хидрогеология", С., Техника, 1976.
- 1.15. Кръстилов, И., и др. "Ръководство по земна механика и фундиране", С., Техника, 1986.
- 1.16. Цытович, Н.А. "Механика Грунтов", М., Высшая школа, 1983.
- 1.17. Atterberg, A.M. "Die Plastizität und Bindigkeit liefernden Bestandteile der Tone". Ibit.3, 291-330, 1919,
- 1.18. American Society for Testing of Materials. "Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils" (D4318-84), Annual Book of Standards, vol.4.08. ASTM, Philadelphia, 1989, pp.572 - 578.
- 1.19. Terzaghi, K. "Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage", Wien, 1925.



**.Кратък българо-английски геотехнически речник**

<b>Български (БДС)</b>	<b>English (BS, ASTM)</b>
<b>Вид почва</b>	<b>Soil classification</b>
Несвързани почви	Non cohesive (cohesionless) soils
Чакъл (едър, среден дребен)	Gravel (coarse, medium, fine)
Свързани почви	Cohesive soils
Глинест пясък (прахов глинест пясък)	Clayey sand; (Silty clayey sand);
Песъчлива глина	Sandy clay; (silty sandy clay)
Глина (прахова глина)	Clay; (silty clay).
$\rho$ - обемна плътност	density
$\rho_n$ - обемна плътност в естествено състояние	bulk density
$\rho_d$ - обемна плътност на скелета	dry density
$e$ - коефициент на порите	void ratio
$n$ - обем на порите	porosity
$\gamma_s$ - специфично тегло	Unit weight of solid particles
$\gamma_d$ - обемно тегло на скелета	Unit weight of dry soils
$\gamma'$ - обемно тегло под вода	Unit weight of submerged soil
$\gamma_r$ - обемно тегло на водонаситена почва	Unit weight of saturated soil
$w$ - водно съдържание	Water content
$w_L$ - граница на протичане	Liquid limit
$w_p$ - граница на източване	Plastic limit
$S_r$ - степен на водонасищане	Degree of saturation
$I_p$ - показател на пластичност	Plasticity index
$I_c$ - показател на консистенция	consistency index
$e_{\max}$ - коефициент на порите в най-рохко състояние	Void ratio in loosest state
$e_{\min}$ - коефициент на порите в най-сбито състояние	Void ratio in densest state
$I_D$ ( $D_r$ )	Density index. (relative density)

**Примерни задачи за контрол.**

1. В лабораторията са определени:

- Специфично тегло:  $\gamma_s=27,3 \text{ kN/m}^3$
- Коефициент на порите -  $e=0,85$

Да се изчислят:

- Обем на порите:  $n=e/(1+e)=0,459$
- Обемно тегло на скелета:  $\gamma_d=(1-n)\gamma_s=14,76 \text{ kN/m}^3$

2. В лабораторията са определени:

- Специфично тегло:  $\gamma_s=27,8 \text{ kN/m}^3$
- Коефициент на порите -  $e=1,05$
- Водно съдържание -  $w_n=35\%$

Да се изчислят:

- Обемно тегло в естествено състояние:  $n=e/(1+e)=0,512$
- 1. Обемно тегло по вода:  $\gamma_n=(1-n)\gamma_s(1+w/100)=18,3 \text{ kN/m}^3$

3. В лабораторията са определени:

- Специфично тегло:  $\gamma_s=27,5 \text{ kN/m}^3$
- Коефициент на порите -  $e=0,78$
- Водно съдържание -  $w_n=24\%$

Да се изчислят:

- Максимално водно съдържание:  $w_r=e \cdot \rho_w/\rho_s=0,28$  (28%)
- Степен на водонасищане:  $S_r=w_n/w_r=0,857$   $n=e/(1+e)=0,438$
- Обемно тегло на водонаситена почва:  $\gamma_r=(1-n)\gamma_s+n \cdot \gamma_w=15,45+4,38=19,82 \text{ kN/m}^3$

4. В лабораторията са определени:

- Граница на протичане:  $w_L=24\%$
- Граница на източване -  $w_p=15\%$

Водно съдържание -  $w_n=22\%$

Да се определят:

- Стандартно наименование:  $I_p=w_L-w_p=24-15=9\%$  – пясъчлива глина
- Консистенция във естествено състояние:  $I_c=(w_L-w_n)/I_p=0,22$  (меко пластична)

5. В лабораторията са определени:

- Граница на протичане:  $w_L=54\%$
- Граница на източване -  $w_p=20\%$
- Специфично тегло:  $\gamma_s=27,5 \text{ kN/m}^3$
- Коефициент на порите -  $e=0,90$

Да се определят:

- Стандартно наименование:  $I_p=w_L-w_p=54-20=34>17\%$  – глина;  $w_r=e \cdot \gamma_w/\gamma_s=0,327$  (32,7%)
- Консистенция във водонаситено състояние:  $I_c=(w_L-w_r)/I_p=0,625$  (средно пластична)