

ТЕМА 6: ЗАХИСТ ТЕРИТОРІЙ ВІД ПІДТОПЛЕННЯ

6.1. Основні гідрогеологічні властивості гірських ґрунтів

Гідрогеологічні властивості гірських порід характеризуються їхнім гранулометричним складом та пористістю. Пористість чистого піску становить 30–40%, глини та суглинків – 40–50%, лесу – більше 50%. Пористість скелястих порід досягає 1–2% і збільшується з розвитком карсту.

Водні властивості гірських порід характеризуються водопроникністю, природною вологістю, вологоємністю і капілярністю.

Водопроникнення характеризує властивість породи пропускати крізь себе воду. Мірою водопроникнення служить коефіцієнт фільтрації, виражений швидкістю фільтрації при гідравлічному градієнті, рівному одиниці.

Природна вологість – повна кількість води, яка утримується в порах породи у природному заляганні.

Вологоємність – здатність породи уміщати та утримувати певну кількість води.

Водовіддача – здатність водонасиченої породи підтягувати воду по тонких капілярних порожнечах. Мірою капілярності є висота підняття води у породі.

Підземні води утримуються в товщі гірських порід земної кори у всіх фізичних станах. На формування гідрогеологічних умов у зонах забудови впливають тільки гравітаційні води верхньої частини земної кори. При цьому розрізняють *верховодку, підвішені води, ґрутові та міжпластові (напірні та безнапірні)*.

Верховодка та підвішені води – найближча до поверхні землі підземна вода, що має непостійний характер у часі і не роповсюджується.

Ґрутова вода – постійно існуючий водоносний горизонт, що розташований на першому водоносному шарі і має вільну водну поверхню.

Міжпластові (напірні та безнапірні) води знаходяться у водоносних пластах, які залягають між пластами водотривких порід.

6.2. Режим підземних вод

Підтоплення та заболочування територій тісно пов'язані з режимом ґрунтової води: зміною їхніх запасів і рівнів під впливом природних умов та антропогенних чинників. Залягання біля поверхні землі місцевих водотривких порід приводить до підтоплення. Частіше утримують підвішені води слабопроникні породи. Заболочування та підтоплення територій спостерігається у місцях виходу ґрунтових та міжпластових горизонтів.

Цей процес називається **техногенним** підтопленням чи просто **підтопленням** і виникає та розвивається внаслідок природної динамічної рівноваги у водному балансі території. Ці порушення виникають за рахунок практичної діяльності людини і на забудованих територіях розвиваються у дві стадії – при будівництві та експлуатації.

Техногенне підтоплення – наслідок нормальної діяльності людини і інтенсифікується там, де є недоліки у проектуванні, будівництві та експлуатації споруд. Тому своєчасний прогноз підтоплення, а також захисні заходи є необхідними умовами нормальної антропогенної діяльності.

6.3. Природні та штучні чинники підтоплення

Джерело підтоплення територій промислових підприємств, міст та населених пунктів розділяється на *природні* та *штучні*. До *природних* джерел треба відносити атмосферні опади (дощові й талі), ґрунтові води з навколишньої території, вода у пароподібній формі в ґрунтах зони аерації.

До *штучних* джерел відносяться:

→ порушення режиму поверхневого стоку (зміна рельєфу), неправильне розташування будівель, споруд та ін.);

→ зміну умов інфільтраційного живлення, природної структури ґрунтів, температурного та вологого режимів в зоні аерації;

→ зменшення випаровування з поверхні (у зв'язку з забудовою території вологість ґрунтів під будівлями збільшується до значення максимальної

вологоємкості, особливо під внутрішнім фундаментом, та конденсується у нижні шари);

→ зміну умов розвантаження та бокового живлення ґрунтової води;

→ низьку якість будівельних робіт і неправильну експлуатацію підприємств (незавершене вертикальне планування, акумуляція атмосферних опадів у котлованах, траншеях, резервуарах, скидання промислових стоків у ґрунт, обладнання поглинаючих колодязів);

→ витрати з аварійних комунікацій, які досягають 10–15%, в окремих випадках – 35% від водоподачі;

→ зміну видів і кількість деревинно-кущової та трав'яної рослинності;

→ полив садів та городів на окремих ділянках міста;

→ будівництво гідротехнічних споруд;

→ ступінь благоустрою міста.

Прогнозування підтоплення повинно ґрунтуватися на матеріалах детальних інженерно-геологічних вишукувань та режимних спостережень. Вишукування повинні випереджати проектування не менше як за один-два роки. Підтоплення місць у зонах зрошення відбувається зі швидкістю 0,3–1 м/рік.

Підтоплення, які пов'язані з плануванням та зонуванням міських територій: у центрі міста може складати 200–300, у прилеглих зонах 4–110, на периферії 30–60 мм/рік. Тільки через конденсацію водяних парів середня величина складає 60 мм/рік, що утворює водяний шар до 137 мм/рік. При цьому піднімання ґрунтової води досягає більше 0,1 м/рік.

6.4. Захист території від підтоплення. схеми дренажів

Дренажні заходи проектуються згідно з наступними *схемами*:

→ *систематичного* дренажу;

→ *головного* дренажу.

→ *берегового* дренажу

→ *контурного чи кільцевого* дренажу, коли дрена проектується навколо об'єкта на глибині 1–1,5 м нижче підвалу.

Різновидом контурного дренажу є *пристінний* за контуром будівлі чи споруди на глибині 0,7–1 м нижче підлоги підвалу;

→ *пластового* дренажу (в складних гідрогеологічних умовах) безпосередньо під будівлею чи спорудою на глибині 0,7–1 м від підлоги підвалу;

→ *дорожнього* дренажу при змішаному водному живленні вздовж дороги на глибині 0,5–2 м від поверхні землі.

При захисті територій від підтоплення залежно від геологічних та гідрогеологічних умов використовують три основні типи дренажу: *горизонтальний, галерейні, свердловини-дрени, променеві, вертикальний і комбінований*.

Також існують наступні допоміжні типи дренажів: *пластові, прорізи, каптажні, відкриті*.

6.5. Основні вимоги до конструктивних рішень дренажів і принципи їхніх розрахунків

Дренажні споруди на зсувонебезпечних схилах повинні враховувати концепції строкового розвитку населених місць відповідно до генерального плану, можливість техногенного підтоплення територій, що забудовуються, та обиратися з урахуванням табл. 6.1 і 6.2.

Як правило, розрахунковий строк роботи дренажів повинен бути 20 років, а містобудівний прогноз – охоплювати період 30–50 років.

Таблиця 6.1

Рекомендації при застосуванні дренажів

№ n/n	Об'єкти захисту	Типи дренажу			
		горизонтальні	основні		допоміжні
			вертикальні поглинаючі або відкачкою	комбіновані та променеві	горизонтальні

		трубчасті	галереїні	свердловини	променеві	шахтні колодязі	свердловини	голкофільтри	з шахтними колодязями, наскрізними і забивними фільтрами, на дренажних галереях	площадкові	пластові	прорізи	капажі	відкриті
1	Великі громадські та інженерні споруди	+	+						+	+	+			
2	Магістральні вулиці та дороги	+	+						+	+	+			
3	Пам'ятки історії та архітектури	+	+						+					
4	Складні дорожньо-транспортні споруди (мости, метрополітен, тунелі)	+	+						+	+	+	+		
5	Великі резервуари	+	+								+	+		
6	Берегові контрбанкети і контрфорси	+	+											
7	Споруди, розташовані окремо			+	+	+	+						+	
8	Сформована міська забудова	+	+	+	+					+			+	
9	Окремі спортивні споруди					+	+			+	+		+	
10	Вулиці і дороги місцевого значення									+	+	+	+	
11	Міські садово-паркові території									+		+	+	+
12	Лісові, заповідні зони											+	+	+

Конструктивні типи дренажів

Типи дренажів	Водоприймальна частина	Водовідвідна частина	Примітки
<i>основні</i>			
Горизонтальні трубчасті (головні та берегові, площадкові та окремі дрени на підході на зсувному схилі)	багатошарові фільтрувальні обсіпки з піску, гравію, щебню, керамзиту, шлаку, ткани та неткані мінеральні та полімерні матеріали; поєднання обсіпок та обгорткових матеріалів; трубофільтри із пористого бетону, полімербетону; трубофільтри в поєднанні з піщаними обсіпками або з фільтрувальними обгортками	керамічні, азбестоцементні, залізобетонні, бетонні, чавунні, пластмасові труби	із урахуванням агресивних по відношенню до бетону, ґрунтів та води
Паралельні	вертикальні наскрізні фільтри; забивні фільтри; багатошарові фільтрувальні обсіпки з піску, гравію, щебню, керамзиту, шлаку; ткани та неткані мінеральні та полімерні матеріали; поєднання обсіпок та обгорткових матеріалів	збірний і монолітний залізобетон, цегла, дерево для тимчасових галерей	для галерей, які будуються закритим способом; для галерей, які будуються відкритим способом

Свердловини-дрени	перфоровані труби з обгортками з волокнистих матеріалів або трубофільтри	залізобетонні колодязі, галереї	
Променеві	те саме	залізобетонні колодязі	
Вертикальні	піщано-гравійні засипки, кожухові та блочні фільтри	труби гарячекатані, електрозварні, поліетиленові, поліхлорвінілові, азбестоцементні, залізобетонні колодязі, дерев'яні (тимчасові)	вертикальні вбирні свердловини, які стоять окремо, або колодязі
Комбіновані	те саме	те саме	у поєднанні з галерейними або трубчастими
<i>допоміжні</i>			
Пластові	за типом горизонтальних трубчастих		
Прорізи	багатошарові фільтрувальні обсіпки з піску гравію, щебню, керамзиту, шлаку		
– каптажні	те саме	залізобетонні колодязі	
– відкриті		траншеї, канави	

6.6. Трасування дренажів

Горизонтальні трубчасті дренажі закладаються на схилах при заляганні водоупорів на глибині до 6 м, за межами зсувних переміщень або, як виняток, на стабілізованих зсувах, в виклинювання підземних вод у корінних породах. Максимальна глибина закладання горизонтальних трубчастих дренажів

визначається стійкістю стінок виробки та схилу і повинна бути не меншою за глибину промерзання.

При трасуванні дренажів необхідно враховувати підземні улоговини стоку. Вибір трас провадити з урахуванням мінімального їхнього заглиблення, розміщення колодязів на зсуворозподільних мисах.

6.7. Конструкції дренажів

Дренажні галереї. Дренажні прохідні галереї застосовуються у наступних випадках:

→ при інженерному захисті об'єктів I та II ступенів відповідальності або інших цінних об'єктів;

→ при глибинах підземних вод більше 5–8 м в умовах значної потужності тріщинуватих, скельних, напівскельних, піщаних і супіщаних ґрунтів, які залягають на водоупорі;

→ при високій щільності забудови території та насиченості підземними комунікаціями;

→ на схилах крутістю більше 20°;

→ на паркових територіях зі схилами та густою рослинністю;

→ на зсувних і зсувонебезпечних схилах, які вміщують один або декілька розділених водоупорами водоносних горизонтів – комбіновані дренажі у вигляді дренажних галерей із наскрізними або забивними фільтрами.

Роботи з будівництва та експлуатації дренажних галерей та підземних виробок, їх провітрюванню підземному транспорту та шахтному підйому, електроустановок, освітлення, водовідливу, загальні санітарні вимоги регламентуються спеціальними правилами безпеки.

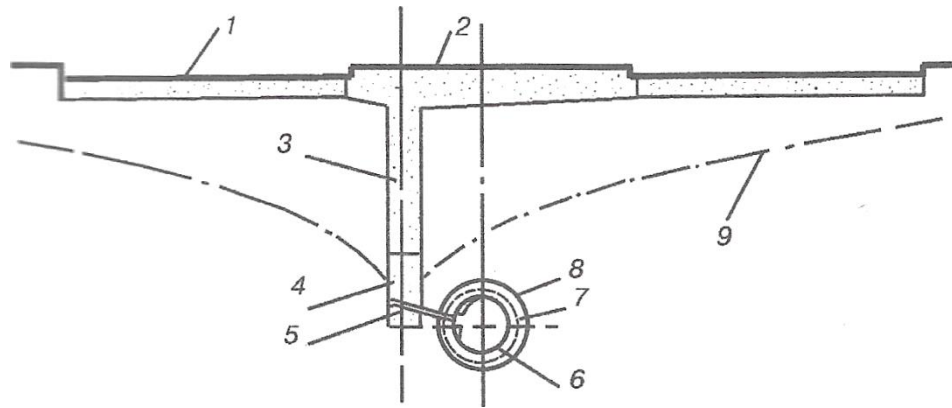


Рис.6.1.Конструкція галерейного дренажу:

1 – дорога; 2 – розділова смуга; 3 – пісок; 4 – гравій чи щебінь; 5 – дренажна труба; 6 – потік, 7 – обробляння; 8 – бетон; 9 – депресійна крива

Променеві дренажі.

На великій глибині, в умовах щільної комунікації та діючих промислових майданчиках, на зсувних ділянках використовують **променеві** дренажі методом горизонтального буріння із спеціальних колодязів – 4,5–5 м (рис. 6.2).

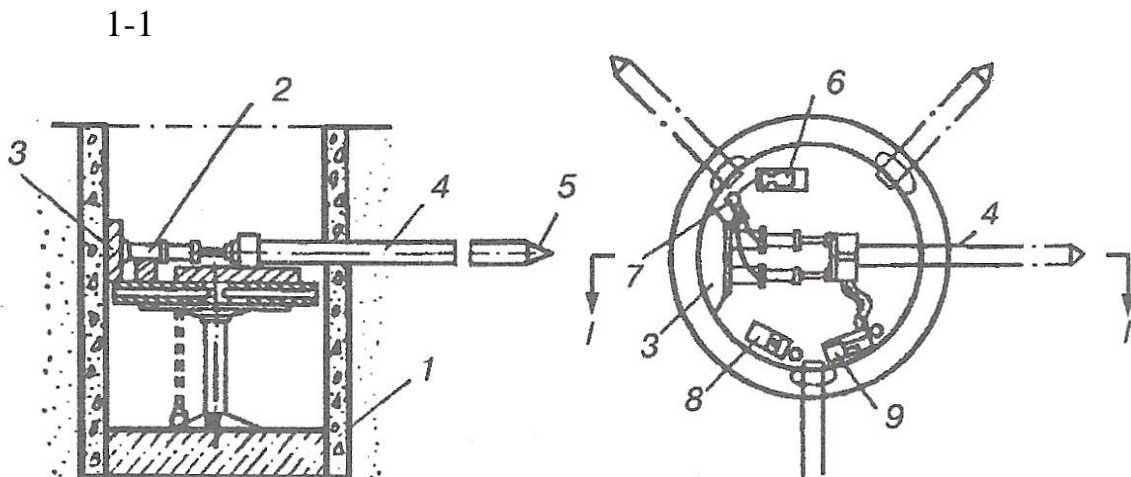


Рис. 6.2. Конструкція променевого дренажу:

1 – колодязь; 2 – гідравлічний домкрат; 3 – упор; 4 – свердловина-дрена; 5 – кінцевик; 6 – маслостанція; 7 – насос; 8 – маслопровід; 9 – ежектор

Водоприймальним елементом є перфорована труба, обгорнута волокнистим матеріалом або грубофільтри. З одного шахтного колодязя послідовно бурять у різних напрямках 4–6 промені завдовжки 30 м і більше.

Горизонтальні дренажі. Діаметр труб дренажу визначається за гідравлічним розрахунком, але приймається менше 200 мм.

Мінімальні допустимі швидкості течії у трубах 0,2 м/с. Максимальні швидкості призначаються у залежності від матеріалу труб.

Мінімальні поздовжні ухили дренажів; трубчастих – 0,003, дренажних прорізів – 0,005–0,01. Максимальні ухили визначаються допустимими швидкостями течії води в трубах, що не перевищують 1 м/с.

У місцях поворотів трас, приєднання бокових ліній дренажу, зміни ухилів, перепадів трубчастих дренажів, а на прямих ділянках через 30–40 м повинні влаштовуватись оглядові колодязі із залізобетону, не часто з бетону класу С32/40 або каменю марки не менше М400. У дренажних водоприймальних колодязях улаштовуються відстійники завглибшки не менше 0,5 м. На транзитних скидних ділянках дренажу відстійники у колодязях не влаштовуються.

Закритий трубчастий дренаж – найбільш поширена конструкція (азбестоцементні, керамічні труби з фільтруючою обсыпкою із піщано-гравійною сумішшю). Мінімальний діаметр труб дренажу 150–200 мм (рис. 6.3).

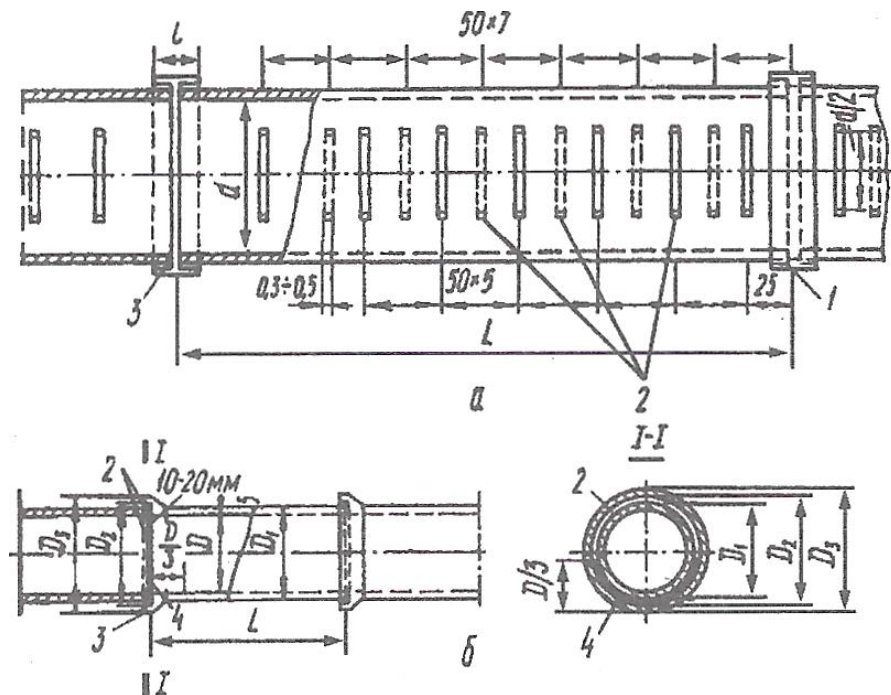


Рис. 6.3. Конструкція дренажу, виконана з труб:

a – азбестоцементні з водоприймальними отворами; *б* – керамічні;

1 – муфта з гумовими кільцями; 2 – водоприймальні отвори;

3 – просмолені клоччя; 4 – асфальтова мастика

Для зворотної засипки при обладнанні споруд у глинистих ґрунтах використовують піщаний ґрунт із коефіцієнтом фільтрації понад 5 м/доб. При цьому можна відсипати піщані призми товщиною не менше 0,3 м вище незниженого рівня ґрунтової води на 0,5 м (рис. 6.4).

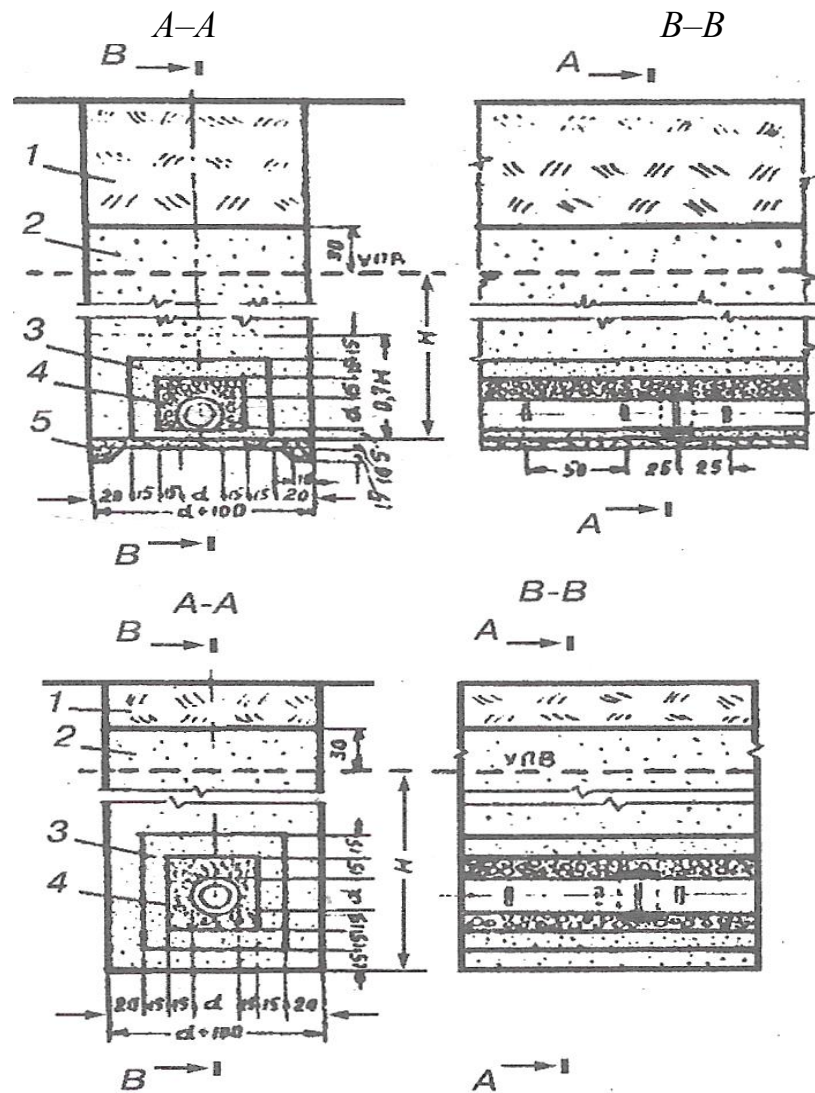


Рис.6.4. Конструкція трубчастого дренажу:

а, б – відповідно досконалого та недосконалого типу;

1 – місцевий ґрунт; 2 – пісок середньозернистий; 3 – пісок дрібнозернистий;

4 – гравій середньої крупності; 5 – щебінь, утрамбований у ґрунт

Кільцеві дренажі використовують для захисту групи будівель, фундаменти яких укладаються у водоносні ґрунти з коефіцієнтом більше 2 м/добу. Якщо живлення одностороннє, дренаж виконується у вигляді

незамкнутого кільця по типу головного. При великій ширині будівлі обладнують проміжні дрени (рис. 6.5).

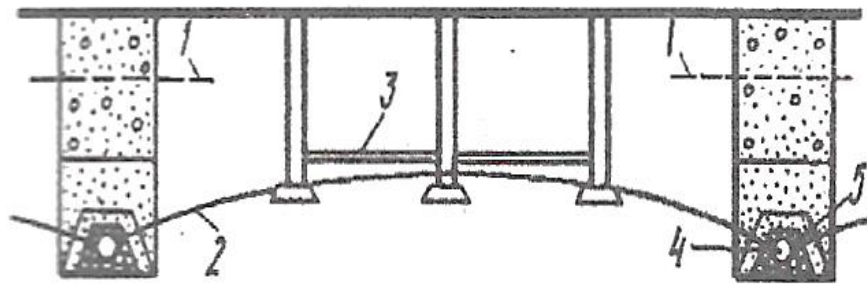


Рис.6.5. Конструкція кільцевого дренажу:

1 – рівень ґрунтової води до пониження; 2 – знижений рівень ґрунтової води;
3 – підлога споруди; 4 – дренажна труба; 5 – фільтруюча обсыпка

Вертикальні дренажі використовують при:

→ однорідних ґрунтах значної потужності та необхідності значного зниження депресійної поверхні (рис. 6.6);

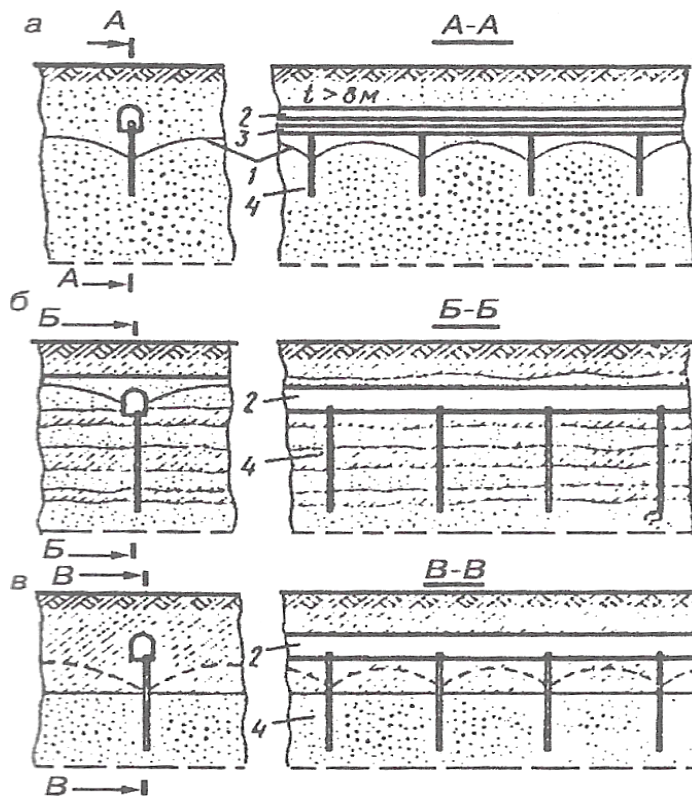


Рис. 6.6. Схема геологічних умов, де можливе використання вертикального дренажу:
1 – крива депресії;
2 – галерея;
3 – труба сифона;
4 – свердловина

→ неоднорідної шаруватої будови дренуючої товщі великої потужності (рис. 6.6, б);

→ залягання дренуючої товщі під потужним шаром слабопроникних ґрунтів (рис. 6.6, в).

Надійність та довговічність роботи вертикального дренажу суттєво залежить від якості фільтру. В основному ці фільтри виконують із піщаних та гравійних ґрунтів із одного, двох чи трьох шарів обсіпки (рис. 6.7).

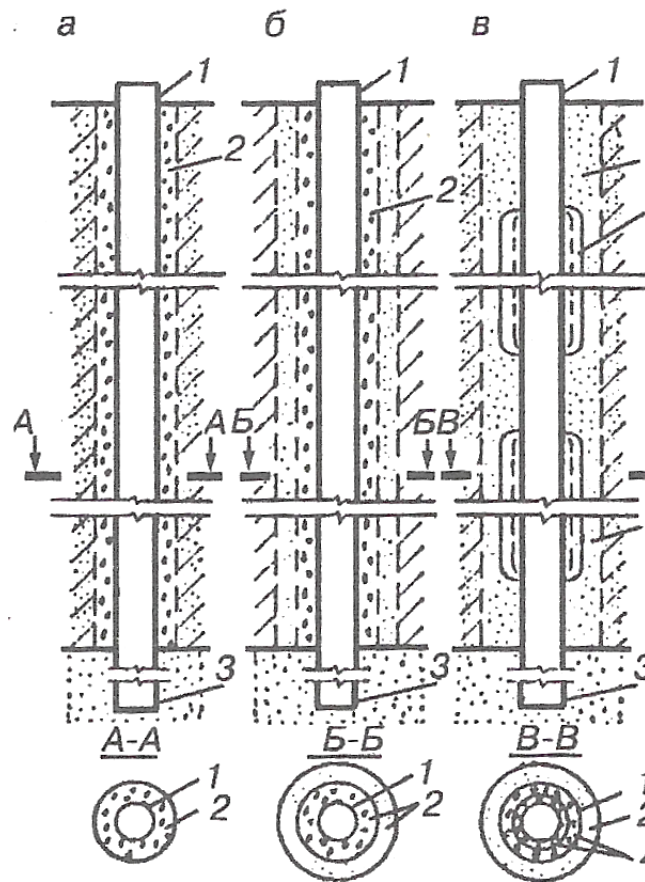


Рис. 6.7. Схеми фільтрів дренажних свердловин:

a – одношарова обсіпка; *б* – двошарова обсіпка;

в – тришарова обсіпка, два шари монтується на каркасі;

1 – труба з отворами; *2* – фільтрова обсіпка, яка засипається у свердловину;

3 – відстійник; *4* – фільтрова обсіпка, що монтується на каркасі

Замість дренажу з крихкотілими обсіпками можливо використати трубофільтри з шпаристого бетону, що поєднує функції водогону та фільтра, або трубофільтри із штучних мінерально-волокнистих матеріалів.

У якості водогінної системи використовують азбестоцементні перфоровані труби з щілинами, а також склопластикові та кручені гофровані полівінілхлоридні дренажні труби (рис. 6.8).

a

б

в

г

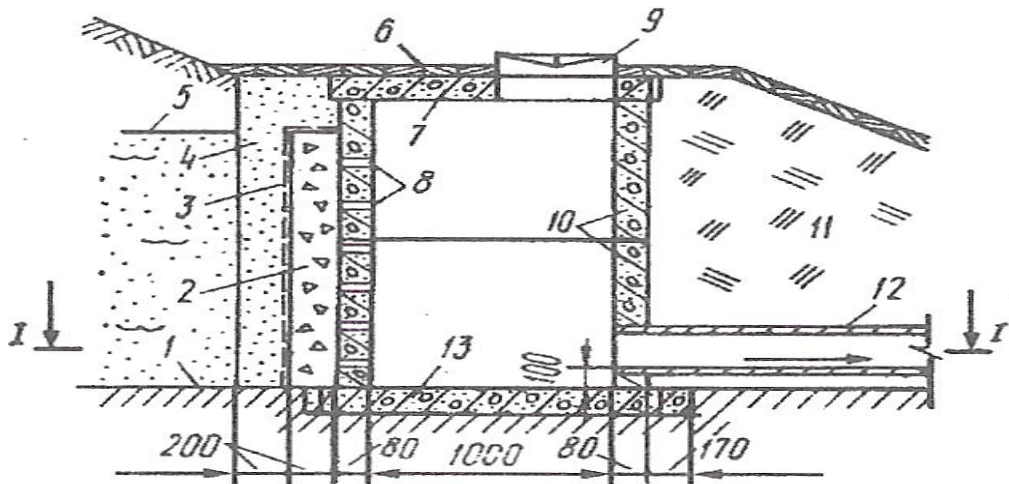


Рис. 6.10. Конструкція каптажного дренажу:

1 – дрена; 2 – щебінь; 3 – пісок; 4 – зворотна засипка піском;

5 – монолітна залізобетонна основа; 6 – підготовка з щебню; 7 – кріплення

Пристінні, “профілактичні” дренажі споруджують у звичайних гідрогеологічних умовах, при заглибленні підвалів у глинисті та суглинисті ґрунти, а також при розташуванні над шаром суглинків чи піску потужністю менше 0,5 м. Пристінні дренажі укладають по контуру будівель із зовнішнього боку, на відмітці підшви фундаменту чи трохи вище.

Для захисту особливо відповідальних підземних споруд влаштовують **пластовий** дренаж.

Для попереднього визначення типу дренажу можна користуватися графіком критичного значення $\frac{a}{H}$ (відношення радіуса кільцевого дренажу a до потужності водоносного шару H) (рис. 6.11).

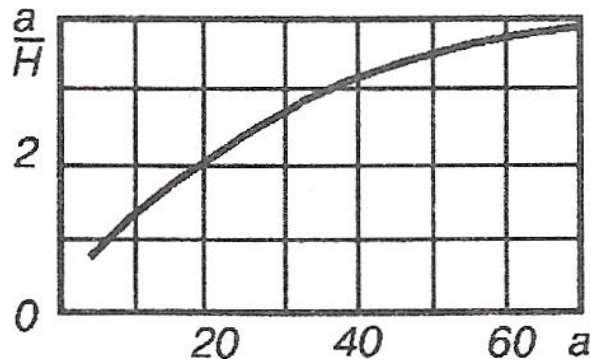


Рис. 6.11. Графік критичного значення $\frac{a}{H}$

Залежно від конфігурації споруди пластові дренажі можуть бути *стрічкові* та *площаківі* рис. 6.12.

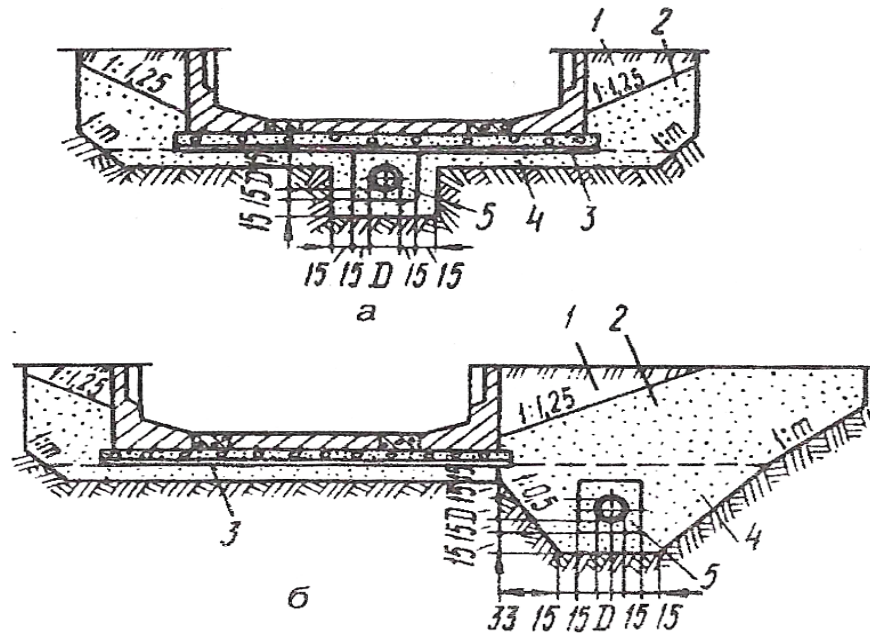


Рис.6.12. Пластовий стрічковий дренаж:

a – розташування дрени під колектором; *б* – збоку від нього;

1 – місцевий ґрунт; 2 – пісок ($k > 5$ м/добу); 3 – дрена; 4 – пісок;

5 – щебінь та висівка

Пластові дренажі необхідно використовувати у підземних спорудах із високим температурним режимом, де неможлива обклеювальна гідроізоляція (рис. 6.13).

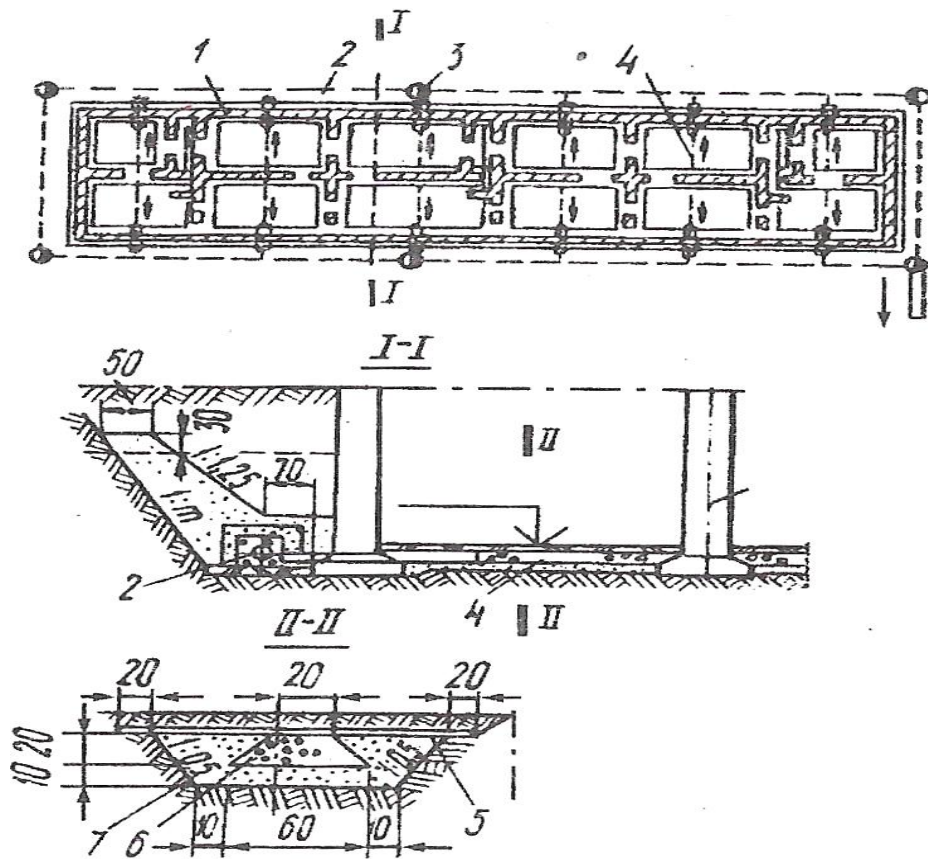


Рис.6.13. Пластовий площадковий дренаж

1 – фундаментні блоки; 2 – трубчаста дрена; 3 – дренажний колодязь;
 4 – дренажна призма; 5 – шар пергаміну; 6 – щебінь та висівка; 7 – пісок