

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять і самостійної роботи

з навчальної дисципліни

«ІНЖЕНЕРНО-ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЛІТОСФЕРИ МІСТА»

*(для студентів 5 курсу денної форми навчання
освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» за спеціальністю
183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2017

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Інженерно-екологічна безпека літосфери міста» для студентів 5 курсу денної форми навчання освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» за спеціальністю 183 – Технології захисту навколишнього середовища / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. Д. В. Дядін. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова , 2017. – 28 с.

Укладач Д. В. Дядін

Рецензент канд. с.-г. наук, доц. О. М. Дрозд

Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст, протокол №1 від 01.09.2016 р.

Зміст

1	Небезпечні геологічні процеси на території міст	4
2	Оцінка екологічної безпеки літосфери міста.....	8
3	Система інженерного управління безпекою геологічного середовища міста	11
	Перелік питань до самостійної підготовки.....	26
	Список рекомендованих джерел	27

1 Небезпечні геологічні процеси на території міст

Оцінка показників сейсмічності території

Інтенсивність землетрусів оцінюють за шкалою MSK-64 (EMS-98), яка містить 12 рівнів інтенсивності, виділених на основі ознак, що спостерігаються під час сейсмічних поштовхів (коливання предметів, деформація будівель тощо). Першій категорії відповідає такий рівень сейсмічної активності, який реєструється лише сейсмічними приладами та немає відчутних проявів на поверхні землі. Дванадцята категорія відповідає сильній катастрофі, наслідками якої є повне руйнування всіх будівель та колосальні перетворення рельєфу за рахунок тріщин у ґрунтів, зсувів, зміни рівнів водойм, відхилення течії річок.

Небезпечними для життя людей і цілісності споруд вважають землетруси, сила яких перевищує 5 балів за шкалою MSK. Безпосередньою причиною руйнування будівельних конструкцій під час землетрусу є інерційна сила P , яка виникає в масі споруди внаслідок сейсмічного поштовху. Величина її визначається виразом:

$$P = D_0 \cdot \alpha \cdot M \quad (1.1)$$

де D_0 – коефіцієнт сейсмічності;

α – сейсмічне прискорення, м/с^2 ;

M – маса споруди, т.

Більш точною шкалою для оцінки інтенсивності сейсмічної активності є шкала магнітуди або шкала Ріхтера. Магнітуда землетрусів при цьому оцінюється за величиною переміщення голки стандартного сейсмографу:

$$M_L = \lg A + f \quad (1.2)$$

де $\lg A$ – десятичний логарифм переміщення голки стандартного сейсмографу, мкм; f – поправка, що залежить від відстані до епіцентру землетрусу.

За шкалою Ріхтера землетруси магнітудою від 1 до 4 вважаються незначними, від 4 до 5 невеликими, від 5 до 6 помірними, від 6 до 7 сильними, від 7 до 8 значними і від 8 до 9 великими.

Згідно оцінок Інституту геофізики НАНУ на більшій частині рівнинної території України існує вірогідність 10 % перевищення сейсмічної інтенсивності у 5 балів за шкалою MSK-64 протягом 50 років, тобто період повторюваності землетрусів у 5 балів – 1 раз у 500 років. У Карпатському регіоні ця величина зростає до 6–7 балів у напрямку Румунії, у Кримських горах та на узбережжі – зростає до 7–8 балів у напрямку шельфу Чорного моря.

Будова ділянки зсуву

Причиною сходження зсувів є порушення рівноваги схилу внаслідок впливу як природних, так і антропогенних чинників: надмірного зволоження порід за рахунок атмосферних опадів, витоків із мереж водопостачання й водовідведення, поливу території, підтоплення, вивітрювання ґрунтів, підмиву схилу течією чи підрізування схилів під час прокладання доріг, трубопроводів або розробці кар'єрів, додаткове навантаження на схил унаслідок його забудови, сейсмічні поштовхи, вібраційна дія транспортних засобів або вибухів (рис. 1.1).

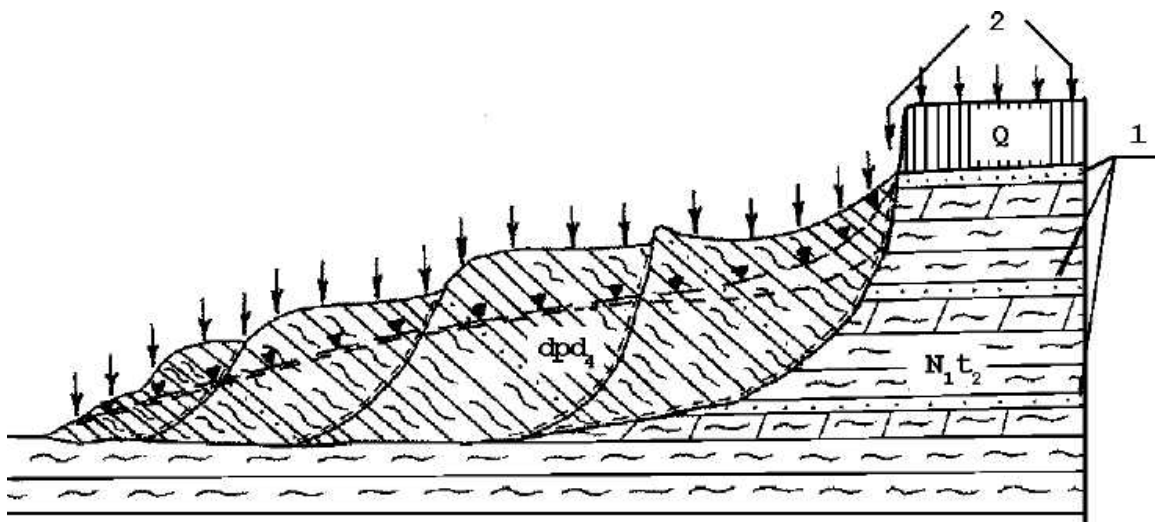


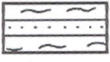
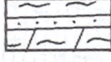

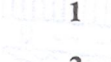
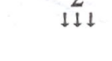


Рисунок 1.1 – Схема будови зсувного схилу на правому березі р. Прут поблизу м. Чернівці:

- | | | | |
|---|---|---|--|
|  | – лесоподібні суглинки; |  | – поверхня ковзання обвальних мас; |
|  | – глини з прошарками пісків і пісковиків; |  | – зони розвантаження водонасичених горизонтів; |
|  | – рівень ґрунтових вод; |  | 1 – водонасичені горизонти в піщаних породах; |
| | |  | 2 – атмосферні опади |

На території міст одночасно виявляється дія як природних, так і антропогенних чинників зсувоутворення, що призводить до підвищення частоти виявів цих небезпечних процесів.

Будова абразійного берегу

Абразія – процес руйнування гірських порід хвилями й течіями в береговій зоні моря, озера або водосховища. Унаслідок винесення абразійного матеріалу утворюються високі та круті абразійні береги. Інтенсивність абразії зумовлена контуром берегової лінії, петрографічним складом порід берегової зони, умовами їхнього залягання, руйнівною силою хвиль, кутом нахилу поверхні шельфу (рис. 1.2).

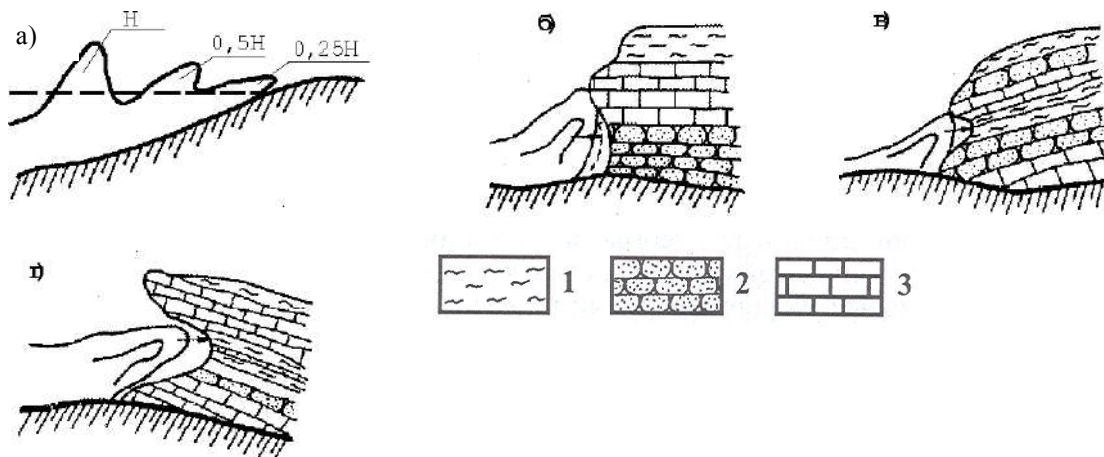


Рисунок 1.2 – Вплив крутизни берега й умов залягання порід на швидкість абразії: а) накат хвилі на пологий берег (Н – висота хвилі); б) крутий берег із горизонтальним заляганням пластів; в) крутий берег, падіння пластів у бік моря; г) крутий берег, падіння пластів у бік берега;
1 – глинисті породи; 2 – пісковики; 3 – вапняки.

У деяких місцях серйозну роль в абразійних процесах відіграє антропогенний чинник. Береги, складені вапняками, конгломератами, відносно стійкі до абразії, особливо при падінні пластів у бік моря. Берегові глинисті відклади не тільки розмиваються, але і сповзають вниз при перезволоженні. Поєднання абразії та зсувоутворення характерне для району Одеси. Абразійні процеси й відповідні форми рельєфу спостерігаються також на незакріплених ділянках побережжя Дніпровського каскаду водосховищ.

Оцінка підтопленості території

Згідно ДБН В.1.1-25-2009, підтоплення (грунтовими водами) – це інженерно-геологічний процес, який має прояви у певних умовах природного середовища (в тому числі на міських територіях) внаслідок спільного впливу причин і факторів, як природного, так і техногенного походження, коли за розрахунковий період часу відбувається збільшення вологості ґрунтів або підняття рівня ґрунтових вод до граничних значень, за якими порушуються умови будівництва й експлуатації будинків та споруд, відбувається пригнічення та загибель зелених насаджень, засолення та заболочування земель сільськогосподарського призначення. Основним критерієм підтопленості території є гранична глибина залягання рівня ґрунтових вод від поверхні землі, яка встановлюється залежно від призначення території (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Критерії оцінки підтопленості території (за ДБН В.1.1-25-2009)

Призначення території	Гранична глибина рівня ґрунтових вод	Примітки
Багатопверхова житлова забудова: якщо глибина 0,7 м і більше якщо глибина 0,7 м з підвальними приміщеннями з розвинутою підземною інфраструктурою	не менше 2,0 м не менше 1,5 м не менше 1,0 м від підлоги підвалів не менше 0,5 від підлоги підвалів заглиблених споруд м	не менше 0,5 м від підшви фундаментів споруд
Малопверхова приватна забудова	не менше 1,5 м	не менше глибини промерзання
Вулиці, дороги, площі	не менше 1,0 м	
Від низу трубопроводів питної води	не менше 0,5 м	
Парки, сквери, зелені насадження	не менше 1,0 м	не менше глибини нормального росту дерев (за типами порід)
Спортивні споруди та інші площинні споруди	не менше 0,5 м	необхідне локальне водозниження для капітальних споруд
Промислова зона	згідно стандартів підприємств, галузевих стандартів	
Об'єкти хімізації сільського господарства, пов'язані із зберіганням отрутохімкатів (пестицидів) і мінеральних добрив	не менше 1,5 м	згідно п. 9.2.6 ДБН Б.2.4-1-94. Планування і забудова сільських поселень

Порушення нормальних умов життєдіяльності понад 100 осіб внаслідок підвищення рівня ґрунтових вод на забудованих територіях до глибини вище проектних норм осушення вважається надзвичайною ситуацією, згідно п. 2.20 Наказу № 1400 МНС України, затвердженому 12.12.2012 р.

2 Оцінка екологічної безпеки літосфери міста

Основні фактори ризику під час будівництва – інженерно-геологічні, пов'язані з геологічними процесами (просідання, підтоплення, зсуви) і властивостями ґрунтів основ майбутніх будівель і споруд. Для урахування цих факторів проводять інженерно-геологічні вишукування. Для цього бурять свердловини на будівельному майданчику і відбирають проби для лабораторних і натурних досліджень. Оптимальна кількість проб залежить від неоднорідності ґрунтів, необхідної точності визначення характеристик та стадії проектування.

Під час проектування основ і фундаментів будівель і споруд використовують такі інженерно-геологічні характеристики ґрунтів – вологість, пористість, щільність, міцність, модуль деформації, питоме зчеплення і кут внутрішнього тертя для нескельних ґрунтів, тимчасовий опір одновісному стиску для скельних ґрунтів.

Основною інженерно-геологічної одиницею, для якої проводять статистичну обробку значень характеристик ґрунтів, є інженерно-геологічний елемент (ІГЕ). ІГЕ – це певний об'єм ґрунту одного і того ж номенклатурного виду з урахуванням віку, походження та текстурно-структурних особливостей за умови, що значення характеристик ґрунтів у ньому змінюються незакономірно.

Для кожного виділеного ІГЕ проводять статистичну обробку окремих значень характеристик ґрунтів за таким алгоритмом.

1. Визначають середньоарифметичне значення кожної характеристики:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i \quad (2.1)$$

Середньоквадратичне відхилення:

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{A} - A_i)^2} \quad (2.2)$$

Коефіцієнт варіації:

$$V = \frac{\bar{S}}{\bar{A}} \quad (2.3)$$

де A_i – окремі значення характеристик ґрунту; n – кількість визначень.

Далі проводять статистичну перевірку на виключення грубих помилок.

Виключають ті окремі значення A_i , для яких не виконується така умова:

$$|\bar{A} - A_i| < v \cdot \sigma_{\text{см}} \quad (2.4)$$

де \bar{A} – середнє арифметичне значення характеристики,

v – статистичний критерій, який приймають залежно від числа визначень n : якщо $n = 6$, $v = 2,07$, якщо $n = 7$, $v = 2,18$,

$\sigma_{\text{см}}$ – зміщена оцінка середнього квадратичного відхилення характеристики, що обчислюється за формулою:

$$\sigma_{\text{см}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (\bar{A} - A_i)^2} \quad (2.5)$$

Після виключення грубих помилок розрахунки статистичних параметрів повторюють за наведеною методикою.

За нормативне значення для всіх характеристик ґрунтів, крім питомого зчеплення і кута внутрішнього тертя, приймають середнє арифметичне:

$$A^H = \bar{A} \quad (2.6)$$

Розрахунок нормативних значень питомого зчеплення і кута внутрішнього тертя проводять за методом найменших квадратів. Нормативні значення характеристик використовують при виділенні у розрізі ПЕ, при класифікації ґрунтів, визначенні найменування ґрунту.

Розрахункові значення характеристик ґрунтів використовують при проектуванні основ і фундаментів будівель і споруд. Розрахункові значення обчислюють за такими залежностями:

$$A^{\text{розрах.}} = \frac{A^{\text{н}}}{K^{\Gamma}} = A^{\text{н}}(1 \pm \rho) \quad (2.7)$$

де K^{Γ} – коефіцієнт безпеки по ґрунту, який визначається за формулою:

$$K^{\Gamma} = \frac{1}{1 \pm \rho} \quad (2.8)$$

де ρ – показник точності середнього значення характеристики, обчислюється за залежністю:

$$\rho = \frac{t_{\alpha} \cdot V}{\sqrt{n}} \quad (2.9)$$

де t_{α} – коефіцієнт, який приймається згідно ДСТУ Б В.2.1-5-96 у залежності від числа ступенів свободи: $K = n - 1$

$K = n - 1$	t_{α}
3	1,25
4	1,19
5	1,16
6	1,13

Знак у формулах перед величиною ρ приймають таким, щоб забезпечувалася підвищена надійність даного розрахунку основи або фундаменту (наприклад, збільшення природної вологості ґрунту знижує його несучу здатність, тому для більшої надійності розрахунку необхідно завищити значення цієї характеристики, тобто ρ слід додати).

3 Система інженерного управління безпекою геологічного середовища міста

Проектування захисту від карстово-суфозійних процесів

Для запобігання небезпеки механічної суфозії між дрібнозернистим і грубозернистим матеріалом влаштовують зворотний фільтр – проміжні шари, які сполучають дрібнозернистий ґрунт, що захищається, з грубозернистим ґрунтом (дренажем). Зворотні фільтри можуть бути самостійними конструкціями або бути частиною дренажів (наслонних, трубчастих, кам'яних банкетів та ін.).

У якості матеріалу для влаштування зворотних фільтрів використовують незв'язні природні або штучні ґрунти, які представляють собою тверді гірські породи, що не містять водорозчинні солі і не піддаються вивітрюванню. До таких ґрунтів відносять піщані, гравійно-галькові породи, щебінь, відходи каменедробильних заводів тощо.

Під час проектування зворотного фільтру вирішують такі завдання:

1) встановлюють розрахункові параметри ґрунтів, що захищаються зворотними фільтрами: гранулометричний склад, пористість, щільність ґрунту і частинок ґрунту, коефіцієнт фільтрації;

2) дають оцінку суфозійності ґрунтів;

3) визначають гранулометричний склад першого і наступного шарів зворотного фільтру;

4) визначають водопроникність ґрунтів запроектованих зворотних фільтрів;

5) встановлюють товщину і кількість шарів зворотних фільтрів.

Проектований гранулометричний склад зворотних фільтрів має забезпечити виконання наступних умов:

– неможливість потрапляння частинок ґрунту, що захищається, до фільтру, а також частинок самого фільтру до дренажу або кам'яного накиду. Ця умова забезпечується в тому випадку, якщо в контактній області між ними утворюються стійкі склепіння з дрібних частинок (рис. 3.1);

- запобігання явищ механічної суфозії в ґрунті, що захищається;
- запобігання кольматації фільтру дрібними частинками в разі їх виносу фільтраційним потоком з ґрунту, що захищається. Такі частинки в кількості не більше 3% повинні проноситися через фільтр фільтраційним потоком.

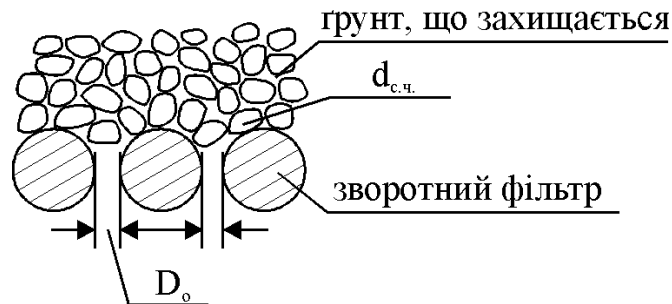


Рисунок 3.1 – Схема контактної області дрібнозернистого ґрунту і фільтра:
 D_0 – середній діаметр пор у шарі фільтра, $d_{с.ч.}$ – діаметр частинок, що утворюють склепіння в області контакту ґрунту з фільтром

Для несуфозійного ґрунту, що захищається, достатньо забезпечити умови непросипності частинок ґрунту до фільтру.

Методика оцінки суфозійності ґрунту

1. У напівлогарифмічному масштабі будують графік інтегральної кривої гранулометричного складу ґрунту, що захищається, на горизонтальній осі якого відкладають діаметр частинок, а на вертикальній – сумарний вміст частинок фракцій. Побудову графіка можна здійснювати як звичайним способом на розкресленій напівлогарифмічній основі, так і засобами відповідних комп'ютерних програм (MS Excel, Grapher та ін.).

2. Використовуючи побудований графік, розраховують коефіцієнт неоднорідності (різномірності) ґрунту, який представляє собою співвідношення:

$$\eta = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (3.1)$$

де d_{60} і d_{10} – діаметри частинок, менше яких у ґрунті міститься відповідно 60 і 10 % частинок за масою.

1. Максимальний діаметр порового каналу розраховують за формулою:

$$d_{\max}^o = 0,455 \chi \cdot \sqrt[6]{\eta} \cdot \frac{n}{1-n} \cdot d_{17} \quad [\text{см}] \quad (3.2)$$

де χ – коефіцієнт локальності суфозії, який залежить від коефіцієнта неоднорідності ґрунту і визначається за залежністю $\chi = 1+0,05\eta$;

η – коефіцієнт неоднорідності (різномірності) ґрунту, який дорівнює відношенню d_{60}/d_{10} ;

n – ефективна пористість ґрунту, частка од.;

d_{17} – діаметр частинок, менше якого в ґрунті міститься 17 % частинок за масою, см.

2. Максимальний діаметр суфозійних частинок d_{\max}^c розраховують за формулою:

$$d_{\max}^c = 0,77 d_{\max}^o \quad [\text{см}] \quad (3.3)$$

3. Відсотковий вміст суфозійних частинок знаходять за кривою гранулометричного складу ґрунту в залежності від їх максимального діаметру.

4. Розрахунок критичної швидкості суфозії проводять за формулою:

$$V_{\text{кр.}}^c = \varphi_o d_{\max}^c \sqrt{\frac{n \cdot g}{v}} K \quad [\text{см/с}] \quad (3.4)$$

де d_{\max}^c – максимальний діаметр суфозійних частинок, см;

n – ефективна пористість ґрунту, частки од.;

g – прискорення сили тяжіння, см/с^2 ;

v – кінематичний коефіцієнт в'язкості, $\text{см}^2/\text{с}$;

K – коефіцієнт фільтрації, см/с ;

φ_o – коефіцієнт критичної швидкості:

$$\varphi_o = 0,6 \left(\frac{\rho_{\text{с.г.}}}{\rho_{\text{в}}} - 1 \right) f^* \cdot \sin \left(30^\circ + \frac{\Theta}{8} \right) \quad (3.5)$$

де $\rho_{\text{с.г.}}$ – щільність сухого ґрунту, г/см^3 ;

$\rho_{\text{в}}$ – щільність води, г/см^3 ;

Θ – кут між напрямками швидкості фільтрації і сили тяжіння;

f^* – приведений коефіцієнт тертя, який визначається за залежністю:

$$f^* = 0,82 - 1,8n + 0,0062 (\eta - 5) \quad (3.6)$$

Якщо при розрахунку виявиться, що фактична швидкість фільтрації менша критичної, то відповідно формули (3.4) визначають максимальний діаметр суфозійних частинок (см), для яких фактична швидкість фільтрації буде критичною:

$$d_{\max}^c = \frac{V_{\phi}}{\varphi_o \sqrt{\frac{n \cdot g}{v} K}} \quad [\text{см}] \quad (3.7)$$

Відсотковий вміст таких частинок визначають за кривою гранулометричного складу ґрунту.

Методика розрахунку гранулометричного складу зворотного фільтру

1. d_{17} матеріалу зворотного фільтру, що забезпечує непросипність ґрунту, який захищається, визначають зі співвідношення:

$$d_{17} = \frac{1}{0,252 \cdot \sqrt[6]{\eta_{\phi}}} \cdot \frac{1 - n_{\phi}}{n_{\phi}} \cdot d_{\text{с.ч.}} \quad [\text{см}] \quad (3.8)$$

де η_{ϕ} – коефіцієнт неоднорідності матеріалу фільтра;

n_{ϕ} – пористість матеріалу фільтра,

$d_{\text{с.ч.}}$ – діаметр склепіннеутворюючих частинок у контактній області, см

2. Значення коефіцієнтів неоднорідності ґрунтів зворотних фільтрів призначають із наступних умов:

для несуфозійних ґрунтів

$$\eta_{\phi} \leq \frac{d_{60}}{d_{10}} \leq 25 \quad (3.9)$$

для суфозійних ґрунтів

$$\eta_{\phi} \leq \frac{d_{60}}{d_{10}} \leq 15 \quad (3.10)$$

3. Пористість матеріалу приймають виходячи з залежності:

$$n_{\phi} = n_o - 0,1 \lg \eta_{\phi} \quad (3.11)$$

де для щебених ґрунтів $n_o = 0,45$, для піщано-гравійно-галечникових – 0,40.

Розрахункове значення діаметра склепіннеутворюючих частинок для суфозійного ґрунту визначають за формулою:

$$d_{с.ч.}^{расч.} = B \cdot d_3 \quad [мм] \quad (3.12)$$

де для щебеневого матеріалу фільтра $B = 3 \dots 8$, для піщано-гравійного матеріалу $B = 3 \dots 5$.

4. Гранулометричний склад зворотного фільтра знаходять за наступними експериментальними залежностями, використовуючи значення d_{17} (мм):

$$d_{min} = \frac{d_{17}}{1 + (0,1P_{17})^\chi \cdot \frac{\eta_\phi - 1}{5\eta_\phi}} \quad [мм] \quad (3.13)$$

$$d_i = d_{min} + d_{min} \cdot (0,1P_i)^\chi \cdot \frac{\eta_\phi - 1}{5\eta_\phi} \quad [мм] \quad (3.14)$$

де d_{min} , d_i – відповідно мінімальний і i -й діаметр частинок ґрунту зворотного фільтра;

d_{17} – діаметр частинок зворотного фільтра, менше якого у ґрунті міститься 17 % за масою;

η_ϕ – коефіцієнт неоднорідності матеріалу фільтра;

P_i – відсоткове співвідношення у ґрунті частинок, які мають діаметр менший d_i ; $P_{17} = 17$; для d_{10} – $P_{10} = 10$; для d_{20} – $P_{20} = 20$ і т. д.;

$$\chi = 1 + 1,28 \lg \eta_\phi.$$

Задаючись різними значеннями P_i , знаходять відповідні значення d_i . За значеннями d_{min} , d_{10} , $d_{20} \dots d_{100}$ будують розрахункову криву гранулометричного складу першого шару зворотного фільтра.

5. Коефіцієнт фільтрації зворотного фільтра визначають за залежністю М. П. Павчича:

$$K = \frac{3,99\phi_1}{v} \cdot \sqrt[3]{\eta} \cdot \frac{n^3}{(1-n)^2} \cdot d_{17}^2 \quad [см/сек] \quad (3.15)$$

де ϕ_1 – коефіцієнт, який враховує форму і шорсткість частинок; для піщано-гравелистих ґрунтів $\phi_1 = 1,0$; для щебених ґрунтів $\phi_1 = 0,35 \dots 0,40$;

ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості ($\text{см}^2/\text{с}$); n – ефективна пористість ґрунту;
 η – коефіцієнт неоднорідності ґрунту; d_{17} – діаметр частинок, менше якого у ґрунті міститься 17 % за масою, см.

6. Товщину шару зворотного фільтру визначають за умовами фільтрації зі співвідношення:

$$T_{\min} \geq 5 \dots 7 d_{85} \quad (3.16)$$

де T_{\min} – мінімальна товщина шару зворотного фільтру за фільтраційними умовами, d_{85} – розмір частинок, менше яких у ґрунті фільтру міститься 85 % за масою.

За умовами виконання робіт при механізованім укладанні товщина фільтру має бути не менше 20 см. При відсипанні в воду для одношарового фільтру товщина не менше 75 см, для багатошарового – 50 см.

Число шарів зворотного фільтру визначають у кожному конкретному випадку з умови непросипності частинок першого шару у другий і матеріалу фільтру у дренаж або кам'яний накид.

Приклад оцінки суфозійності ґрунту та розрахунку параметрів зворотного фільтру

Завдання: виконати оцінку суфозійності ґрунту, підібрати гранулометричний склад зворотного фільтру, який запобігає фільтраційній деформації суфозійного ґрунту, побудувати інтегральні криві гранулометричного складу суфозійного ґрунту і проєктованого зворотного фільтру.

Вихідні дані:

гранулометричний склад ґрунту:

Розмір частинок, мм	0,05-0,01	0,1-0,05	0,5-0,1	1-0,5	2-1	5-2	10-5	20-10	40-20
Вміст частинок, % за масою	8,2	2,7	22	18,7	19,3	14,7	7,4	5,4	1,6

n – пористість, $n = 0,32$;

$\rho_{с.г.}$ – щільність сухого ґрунту, $\rho_{с.г.} = 1,80 \text{ г/см}^3$;

I – градієнт напору ґрунтового потоку, $I = 0,45$;

θ – кут між напрямками сили тяжіння і швидкості фільтрації, $\theta = 75^\circ$;
 матеріал фільтра – щебневий ґрунт, коефіцієнт неоднорідності $\eta_\phi = 10$.

Порядок розрахунку:

1. У напівлогарифмічному масштабі будуємо графік інтегральної кривої гранулометричного складу ґрунту, який захищається, на горизонтальній осі якого відкладаємо діаметр частинок, а на вертикальній – сумарний вміст частинок фракцій (рис. 3.2).

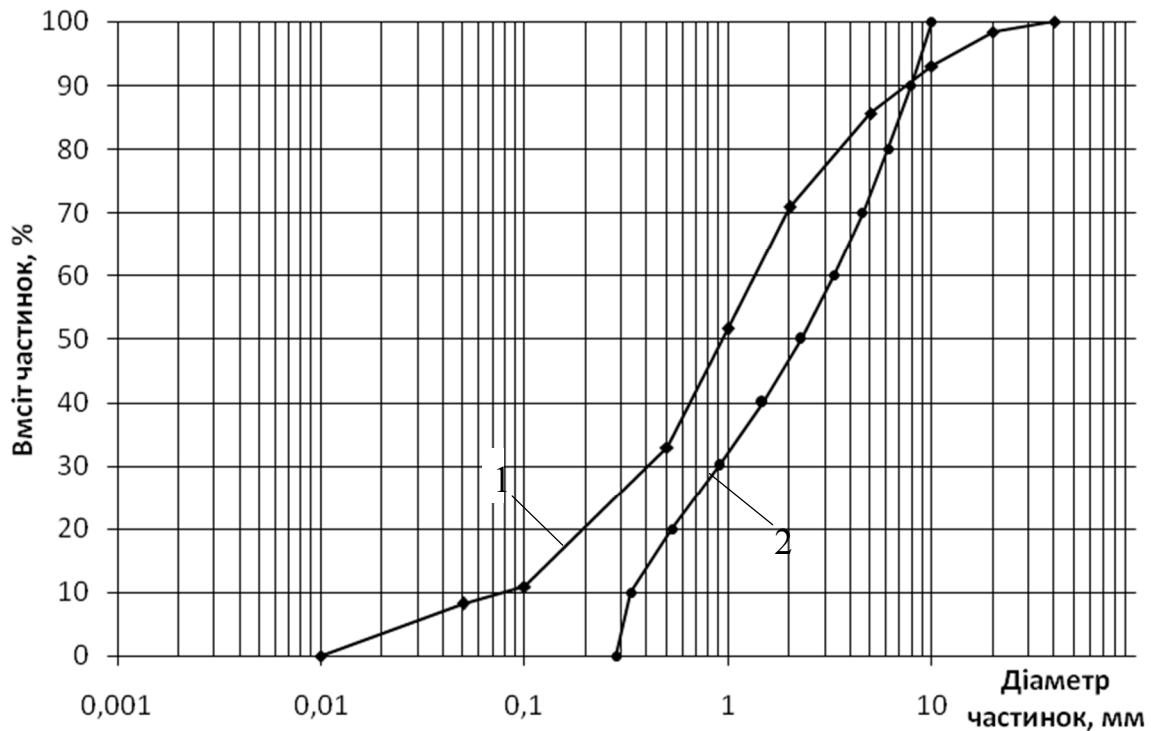


Рисунок 3.2 – Інтегральні криві гранулометричного складу:
 1 – ґрунту, який захищається, 2 – матеріалу зворотного фільтру

2. За кривою гранулометричного складу ґрунту визначаємо значення діаметрів частинок, які необхідні для подальших розрахунків:

$$d_{\min} = 0,01 \text{ мм}, d_3 = 0,018 \text{ мм}, d_{10} = 0,08 \text{ мм}, d_{17} = 0,16 \text{ мм}, d_{60} = 1,4 \text{ мм}, d_{\max} = 40 \text{ мм}.$$

3. Розраховуємо коефіцієнт неоднорідності ґрунту:

4. Підставивши у залежність (3.15) числові значення відповідних параметрів, визначаємо коефіцієнт фільтрації, значення v відповідає температурі 20°C:

$$K = \frac{3,99 \cdot 1}{0,01} \cdot \sqrt[3]{17,5} \frac{0,32^3}{(1 - 0,32)^2} \cdot 0,016^2 = 0,0188 \text{ см/с}$$

5. Максимальний діаметр порового каналу розраховуємо за формулою (3.2):

$$d_{\max}^0 = 0,455 \cdot 1,875 \cdot \sqrt[6]{17,5} \cdot \frac{0,32}{0,32 - 1} \cdot 0,016 = 0,01035 \text{ см}$$

при цьому $\chi = 1 + 0,05 \cdot 17,5 = 1,875$

6. Максимальний розмір суфозійних частинок визначаємо за залежністю (3.3):

$$d_{\max}^c = 0,77 \cdot 0,01035 \text{ см} = 0,00797 \text{ см}$$

7. Відсотковий склад суфозійних частинок вишукуємо за інтегральною кривою зернового складу. При $d_{\max}^c = 0,008 \text{ см} = 0,08 \text{ мм}$ воно складає 10 %. Це дає підставу оцінити даний ґрунт як суфозійний.

8. За залежністю (3.4) розраховуємо критичну швидкість для максимального діаметру суфозійних частинок:

$$V_{\text{кр.}}^c = 0,098 \cdot 0,00797 \sqrt{\frac{0,32 \cdot 981}{0,01} \cdot 0,0188} = 0,019 \text{ см/сек}$$

Із залежностей (3.5), (3.6):

$$f^* = 0,82 - 1,8 \cdot 0,32 + 0,0062 (17,5 - 5) = 0,32$$

$$\varphi_0 = 0,6 \left(\frac{1,8}{1} - 1 \right) 0,32 \cdot \sin \left(30^\circ + \frac{75^\circ}{8} \right) = 0,098$$

9. Фактичну швидкість руху фільтраційного потоку обчислюємо згідно закону лінійної фільтрації:

$$V_{\text{ф}} = K \cdot I = 0,019 \cdot 0,45 = 0,00855 \text{ см/с}$$

10. Порівнюємо отримані значення фактичної і критичної швидкості фільтраційного потоку. Оскільки $V_{\text{ф}} < V_{\text{кр.}}$, то за залежністю (3.7) розраховуємо

максимальний діаметр суфозійних частинок, для яких фактична швидкість буде критичною:

$$d_{\max}^c = \frac{0,00855}{0,098 \sqrt{\frac{0,32 \cdot 981}{0,01}} \cdot 0,019} = 0,00356 \text{ см}$$

11. За інтегральною кривою визначаємо відсотковий вміст суфозійних частинок при фактичній швидкості фільтраційного потоку, яке дорівнює 7,0 %.

Таким чином, даний ґрунт за існуючою класифікацією належить до суфозійного, і під час руху в ньому фільтраційного потоку при заданому градієнті напору відбуватимуться суфозійні явища.

12. За залежністю (3.8) визначаємо d_{17} матеріалу фільтра:

$$d_{17} = \frac{1}{0,252 \cdot \sqrt[6]{10}} \cdot \frac{1 - 0,35}{0,35} \cdot 0,09 = 0,452 \text{ мм}$$

Із залежностей (3.9) и (3.10):

$$n_{\phi} = 0,45 - 0,1 \cdot \lg 10 = 0,35;$$

$$d_{c.ч.} = 5 \cdot 0,018 = 0,09 \text{ мм}$$

13. Мінімальний діаметр частинок зворотного фільтру обчислюємо за залежністю (3.13):

$$d_{\min} = \frac{0,452}{1 + (0,1 \cdot 17)^{2,28} \cdot \frac{10 - 1}{5 \cdot 10}} = 0,282 \text{ мм}$$

$$\text{де } \chi = 1 + 1,28 \lg 10 = 2,28.$$

14. За залежністю (3.14) розраховуємо i -й діаметр частинок матеріалу фільтру:

$$d_{10} = 0,282 + 0,282 \cdot (0,1 \cdot 10)^{2,28} \cdot \frac{10 - 1}{5 \cdot 10} = 0,33 \text{ мм}$$

$$d_{20} = 0,282 + 0,282 \cdot (0,1 \cdot 20)^{2,28} \cdot \frac{10 - 1}{5 \cdot 10} = 0,528 \text{ мм}$$

$$d_{30} = 0,90 \text{ мм}, d_{40} = 1,48 \text{ мм}, d_{50} = 2,27 \text{ мм}, d_{60} = 3,30 \text{ мм},$$

$$d_{70} = 4,57 \text{ мм}, d_{80} = 6,09 \text{ мм}, d_{90} = 7,88 \text{ мм}, d_{100} = 9,95 \text{ мм}.$$

За результатами розрахунку будемо інтегральну криву зернового складу матеріалу зворотного фільтру, яка показана на рис. 3.2.

15. Коефіцієнт фільтрації зворотного фільтру визначаємо за залежністю (3.15):

$$K = \frac{3,99 \cdot 0,4}{0,01} \cdot \sqrt[3]{10} \frac{0,35^3}{(1 - 0,35)^2} \cdot 0,0452^2 = 0,071 \text{ см/сек}$$

16. Визначаємо товщину шару зворотного фільтру за залежністю (3.16):

$$T_{\min} = 7 \cdot 7,0 = 49 \text{ мм} = 4,9 \text{ см},$$

де d_{85} , згідно кривої для зворотного фільтру, складає 7,0 мм.

За умовами виробництва робіт при механічному укладанні товщина шару зворотного фільтру має бути не менше 20 см.

Розрахунки дренажних систем для зниження рівня підземних вод

Дренажні системи на підтоплених територіях призначені для зниження рівнів ґрунтових вод, величина якого визначається заглибленням підвальних приміщень, тунелів, комунікацій та інших підземних споруд, а при захисті значних за площею території – нормою осушення.

Тип дренажу – горизонтальний, вертикальний, комбінований – залежить, головним чином, від літологічної будови ґрунтів, що дреноються, а на забудованих ділянках – ще й від щільності та характеру забудови. Перевагу варто віддавати горизонтальному дренажу як більш зручному й економічному під час експлуатації.

Гідрогеологічні розрахунки дренажної системи включають визначення:

- притоку води з кожної дрени,
- положення поверхні (глибини) понижених рівнів,
- часу досягнення необхідних понижень на території, що дреноється,
- міждренних відстаней.

У багатьох випадках міждренні відстані вибираються, виходячи з технічної можливості прокладки дрен, тоді необхідно визначати величину необхідного пониження в них, тобто заглиблення дрен.

У ході гідрогеологічних розрахунків дренажних систем ураховують будову водоносних горизонтів і характер їх меж, умови природного і техногенного (додаткового) живлення і дреновання підземних вод, а також

ступінь гідродинамічної недосконалості дренажних споруд (розкритості водоносного горизонту). Дренажі вертикального типу, як правило, є досконалими, тобто такими, що розкривають водоносний пласт на всю його товщину і заглиблені у водотривкий пласт, що підстилає. Серед горизонтальних дренажів переважають недосконалі, коли дренажні труби заглиблені у водоносну товщу на деяку глибину, але поверхня їхнього закладання знаходиться вище покрівлі водотривкого шару.

Розрахунки конструкції горизонтального систематичного дренажу

На промислових майданчиках підприємств основним способом захисту окремих будівель, комунікацій або території в цілому від підземних вод є спорудження дренажів, яке повинно здійснюватися у поєднанні з заходами щодо організації поверхневого стоку, усунення втрат води з водонесучих комунікацій, водовмісних ємностей та ін.

Горизонтальний площадний дренаж є найбільш зручним і економічним в експлуатації. При облаштуванні дренажу на дно дренажної канави кладеться дренажна перфорована труба, яка вкрита нержавіючої сіткою. Щоб зменшити фільтраційний опір дренажної труби, її відсипають добре фільтруючим матеріалом (гравій, пісок), так щоб крупніший матеріал прилягав до труби. Потім дренажну канаву засипають вибраним із неї ґрунтом. У закритому горизонтальному дренажі можливості водопониження обмежені глибиною дренажних канав (максимальна глибина дренажної канави 4,5–5 м). Води з дрен пропонується направляти в зливову каналізацію після проведення її ремонту та реконструкції. Практичний розрахунок площадного дренажу зводиться до визначення відстані між дренами і підрахунку їх дебіту (рис. 3.3).

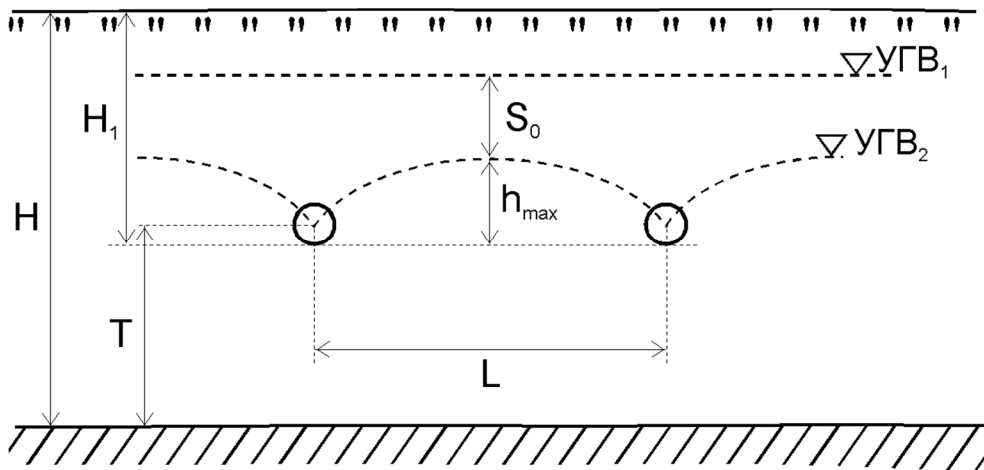


Рисунок 3.3 – Горизонтальний систематичний дренаж недосконалого типу:

УГВ₁ – положення рівня ґрунтових вод до установки дренажу;

УГВ₂ – положення рівня ґрунтових вод після водопониження;

S₀ – норма осушення;

H₁ – глибина поверхні закладання дрен;

H – глибина залягання водотриву від поверхні землі;

T – відстань від центра дрени до водотриву;

h_{max} – максимальна висота підйому зниженого рівня ґрунтових вод над поверхнею закладання дрен;

L – відстань між двома сусідніми дренами.

Відстань між дренами недосконалого типу можна визначити за формулою Авер'янова:

$$L = T \cdot \left(\sqrt{\frac{8Kh_{\max}}{WT} \left(1 + \frac{h_{\max}}{2T} \right) + B_1^2} - B_1 \right) \quad (3.17)$$

де K – коефіцієнт фільтрації водовмісних порід, м/добу;

W – величина додаткового інфільтраційного живлення на території, м/добу;

h_{max} – максимальна висота підйому зниженого рівня ґрунтових вод над поверхнею закладання дрен, м;

T – відстань від центра дрени до поверхні водотриву, м;

r – радіус дрени, м.

Показник B_1 є такою залежністю:

$$B_1 = 2,94 \lg\left(\frac{1}{\sin \frac{\pi r}{2T}}\right) \quad (3.18)$$

Приплив води до кожної горизонтальної дрени на одиницю її довжини становить:

$$Q = W \cdot L \quad [\text{м}^2/\text{добу}] \quad (3.19)$$

Дебіт кожної дрени, відповідно, становить:

$$Q = S \cdot W \cdot L \quad [\text{м}^2/\text{добу}] \quad (3.20)$$

де S – довжина ділянки дрени, м.

Для систематичного досконалого дренажу відстані між горизонтальними дренами визначаються за формулою Роте:

$$L = 2 \sqrt{\frac{K}{W} (h_{\max}^2 - h_0^2)} \quad (3.21)$$

де K – коефіцієнт фільтрації, м/добу;

h_{\max} – максимальна висота зниженого рівня підземних вод у міждренному просторі над водотривом, м;

h_0 – перевищення рівня води у дрені над водотривом, м;

W – інфільтраційне живлення підземних вод, м/добу.

Максимальна висота зниженого рівня підземних вод у міждренному просторі над водотривом:

$$h_{\max} = H - (h_1 + h_2) \quad (3.22)$$

де h_1 – глибина залягання ґрунтових вод, м;

h_2 – глибина, на яку необхідно понизити рівень ґрунтових вод, м;

H – відстань від поверхні землі до водотриву, м.

Значення W встановлюють дослідним шляхом на основі режимних спостережень. Орієнтовні значення величини інфільтраційного живлення для підприємств різних галузей наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Величина додаткового інфільтраційного живлення

Тип об'єкту	Величина додаткового інфільтраційного живлення W , м/добу
Теплові електростанції	від $1 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^{-3}$
Металургійні заводи	$(3 \div 5) \cdot 10^{-4}$
Хімічні, нафтохімічні і нафтопереробні заводи	$(1 \div 2) \cdot 10^{-4}$
Гірничо-збагачувальні комбінати	від $4 \cdot 10^{-5}$ до $0,7 \cdot 10^{-4}$
Міські території	$(5,2 \div 5,8) \cdot 10^{-4}$

Приклад розрахунку дренажної системи

На проммайданчику заводу підйомно-транспортного устаткування близько 15-20% території (5 га) зазнає підтоплення. Для машинобудівних підприємств величина додаткового інфільтраційного живлення W становить 10-3 м/добу. Максимальний рівень ґрунтових вод становить 0,7 м. Відстань від поверхні землі до водотриву $H = 10$ м.

Із урахуванням того, що на підтопленій території достатньо простору для облаштування горизонтального дренажу, а дренаючі ґрунти високопроникні (пісок, супісок, легкі суглинки, коефіцієнт фільтрації K приймаємо 0,2 м/добу), для ліквідації підтоплення і зниження рівня ґрунтових вод пропонується встановити закритий систематичний горизонтальний дренаж недосконалого типу. При цьому можлива довжина ділянки дрени складе 175 м.

Виконаємо розрахунок горизонтального систематичного дренажу недосконалого типу. При практичному розрахунку площі систематичного дренажу все зводиться до визначення відстані між дренами і підрахунку їх дебіту (водотоку). У закритому горизонтальному дренажі можливості водозниження обмежені глибиною дренажних каналів (максимальна глибина дренажної каналу 4,0–5,0 м). У розрахунку приймаємо $H_1 = 4,5$ м.

Оскільки фундаменти виробничих приміщень розміщені до глибини 2,5 м, РГВ після осушення має скласти не менше 3,5 м від поверхні землі. Відповідно величина, на яку необхідно знизити рівень ґрунтових вод (норма осушення), дорівнює: $S_0 = 3,5 - 0,7 = 2,8$ м.

При цьому максимальне перевищення зниженого рівня ґрунтових вод над поверхнею закладення дрен h_{\max} складе: $h_{\max} = 4,5 - 0,7 - 2,8 = 1,0$ м.

Відстань від центру дрени до водотриву, з урахуванням радіуса дренажних труб, складе: $T = H - H_1 + r = 10 - 4,5 + 0,25 = 5,75$ м.

Тепер розрахуємо відстань між двома сусідніми дренами за формулою Авер'янова:

$$L = T \cdot \left(\sqrt{\frac{8Kh_{\max}}{WT} \left(1 + \frac{h_{\max}}{2T} \right) + B_1^2} - B_1 \right) = 82,2 \text{ м}$$

де B_1 становить 3,43.

При цьому водопріток кожної дрени складе:

$$Q = S \cdot W \cdot L = 175 \cdot 0,001 \cdot 82,2 = 14,4 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Якщо розміри ділянки осушуваної території складають 5 га (50 000 м²) при можливій довжині дрен 175 м, то загальна кількість дрен, необхідна для укладки, складе: $50000 / 175 / 82,2 = 3,5 \approx 4$ труби.

Перелік питань до самостійної підготовки

1. Карстоутворення і карстово-суфозійні явища на урбанізованих територіях
2. Природні та техногенні фактори розвитку підтоплення на території міст
3. Підходи до оцінки інженерно-геологічних ризиків
4. Фактори виникнення та активізації зсувів та селевих потоків на забудованих територіях
5. Явища просадки поверхні землі на територіях забудови
6. Просідання поверхні землі на ділянках відпрацьованих підземних гірничих виробок
7. Інтенсифікація ерозійних процесів на урбанізованих територіях
8. Техногенні фактори активізації сейсмічності території
9. Вулканізм та його вплив на довкілля і розвиток соціоекосистем
10. Інтенсифікація процесів вивітрювання на урбанізованих територіях
11. Водні меліорації в Україні, їх екологічні та економічні наслідки
12. Продуктопроводи, та пов'язані з ними екологічні ризики для геологічного середовища
13. Транспортні магістралі та ризики, пов'язані з їх функціонуванням
14. Геолого-екологічні проблеми вуглевидобувних регіонів
15. Поняття ризику та підходи до його оцінки в екологічній геології

Список рекомендованих джерел

1. Дегтярев Б. М. Дренаж в промышленном и гражданском строительстве / Б. М. Дегтярев. – М. : Стройиздат, 1990. – 238 с.
2. Екологічна геологія : підручник / за ред. М. М. Коржнева – Київ : ВПЦ «Київський університет». – 2005. – 257 с.
3. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти : підручник / М. Л. Зоценко та ін. – Полтава: ПНТУ, 2003. – 446 с.
4. Ананьев В. П. Инженерная геология : учебн. для вузов / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов. – М. : Высшая школа, 2005. – 575 с.
5. Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях: справочное пособие к СНиП. – М. : Стройиздат, 1991. – 272 с.
6. ДСТУ Б А.1.1-25-94. Ґрунти. Терміни та визначення. – Чинний від 01.10.1994 р. – Київ : Держбуд України, 2001. – 52 с.
7. ДСТУ Б В.2.1-2-96 (ГОСТ 25100-95). Ґрунти. Класифікація. – Чинний від 01.04.1997 р. – Київ : Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. – 47 с.
8. ДСТУ Б В.2.1-5-96 Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи статистичної обробки результатів випробувань. – Чинний від 01.04.1997 р. – Київ : Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1998. – 24 с.
9. ДБН В.1.1-24-2009. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення. – Чинні від 01.01.2011 р. – Київ : Мінрегіонбуд, 2010. – 55 с.
10. ДБН В.1.1-25:2009 Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування. – Чинні від 01.01.2011 р. – Київ : Мінрегіонбуд, 2010. – 91 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки
до практичних занять та самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«ІНЖЕНЕРНО-ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЛІТОСФЕРИ МІСТА»

*(для студентів 5 курсу денної форми навчання
освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»
за спеціальністю 183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

Укладач **ДЯДІН** Дмитро Володимирович

Відповідальний за випуск *Т. В. Дмитренко*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарової*

План 2016, поз. 83 М

Підп. до друку 16.06.2017 р.
Друк на різнографі
Зам. №

Формат 60×84/16
Ум. друк. арк. 0,8
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017 р.